

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektrotechniky

Energetický management budov
Building energy management

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Pavel Neset

Studijní program:

N2661 Projektování elektrických systémů a technologií

Téma:

**Energetický management budov
Building energy management**

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši energetického managementu budov. Zaměřte se zejména na měřicí infrastrukturu těchto systémů a komunikační platformu se sběrnici M-bus.
2. Ve vybraných budovách proveďte rekognoskaci současného stavu rozmístění klasických měřičů energií a jejich zakreslení.
3. Navrhněte alternativu těchto měřičů s ohledem na automatické řízení technologií budov.
4. Navrhněte místa jejich napojení a vypracujte podklady pro projekt řídicího systému budov.
5. Definujte požadavky pro centrální vizualizaci energetického managementu budovy.
6. Vypracujte technickou zprávu projektu a proveďte jeho zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN EN ISO 50001, Systémy managementu hospodaření s energií - Požadavky s návodem k použití

V. Klein: Energetický management budov, Martia, a. s., 2002

M.R., Brambley, D., Hansen, P., Haves, D., R., Holmberg, S., C., McDonald, K., W., Roth, P., Torcellini:
Advanced Sensors and Controls for Building Applications: Market Assessment and Potential R&D
Pathways, Pacific Northwest National Laboratory Richland, 2005

A., Iwayemi, W., Wan, Ch., Zhou: Energy Management for Intelligent Buildings, DOI: 10.5772/18589

S., Rotger-Griful, U., Welling, R., H., Jacobsen: Implementation of a building energy management system
for residential demand response, Microprocessors and Microsystems, Volume 55, November 2017, Pages
100-110

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Orság, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019



doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.
vedoucí katedry

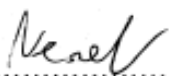


prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta:

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární
prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne:


.....

Pavel Neset

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Tomáši Husníkovi, za možnost podílet se na projektu, který je součástí této diplomové práce, a dále za poskytnuté informaci k této problematice,

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat také mému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Petru Orságovi, Ph.D. za rady a připomínky k diplomové práci.

Abstrakt:

Tato diplomová práce řeší problematiku energetického managementu a dálkového odečtu měřičů energií. Popisují zde jednotlivé měřiče energií, jejich dělení a princip funkce. Další částí je popis komunikační sběrnice M-BUS, která slouží k dálkovému odečtu měřičů.

V druhé části diplomové práce je zpracován projekt Energetického managementu zdravotnického zařízení, kde popisují jednotlivé úkony pro vyhotovení projektu. Tato část slouží jako metodika práce pro další projektanty či studenty, kteří budou mít za úkol vypracovat obdobný projekt zaměřený na energetický management.

Klíčová slova:

Energetický management, M-BUS, měřič, dálkový odečet, elektroměr, plynoměr, vodoměr, měřič tepla, metodika práce

Abstract:

This diploma thesis focuses on energy management and remote reading of energy meters. I pay attention to individual energy meters, their division and principle of function. In the next part of the text I describe the communication directives M-BUS, which is used for remote meter reading.

The second part of the thesis is concerned with energy management in medical facility. I focus on the particular acts necessary to complete the project. This section serves as a methodology for work of other designers or students who will be tasked with developing a similar project focused on energy management.

Key words:

Energy management, M-BUS, meter, remote reading, electricity meter, gas meter, water meter, heat meter, work methodology

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk:	9
Seznam použitých veličin:	11
Seznam obrázků	12
Seznam tabulek	13
Úvod	14
1 Rozbor energetického managementu	15
1.1 Co je energetický management	15
1.2 Cíle energetického managementu	16
1.3 Přínosy energetického managementu	16
1.4 Energetický management jednotlivých systémů energetického hospodářství	17
2 Měřicí zařízení	18
2.1 Elektroměry	18
2.1.1 Přímé měření spotřeby elektrické energie	19
2.1.2 Převodové (nepřímé) měření spotřeby elektrické energie	20
2.1.3 Výpočet násobitele elektroměru při osazení nepřímého měření	23
2.2 Plynoměry	24
2.3 Vodoměry	26
2.4 Měřiče tepla	29
3 Komunikační sběrnice M-BUS a dálkový odečet měřičů	33
3.1 Základní charakteristika M-BUS	33
3.2 Projektování M-BUS	37
4 Projekt Energetický management zdravotnického zařízení	38
4.1 Úvodní představení projektu	38
4.2 Vstupní podklady	42
4.3 Rozdělení budov	42
4.4 Zjištění skutečného stavu	45
4.5 Návrh nového řešení měřičů	49
4.6 Návrh nového řešení MaR	52
4.7 Centrála Energetického managementu a MaR	59
5 Vypracování technické zprávy a ostatních dokumentů projektové dokumentace	66
5.1 Technická zpráva	66
5.2 Půdorysy	67

5.3	Schéma regulace.....	68
5.4	Seznam měřičů	68
5.5	Seznamy MaR	68
5.6	Výkaz výměr	68
5.7	Obdržené podklady přiložené v přílohách.....	69
6	Metodika postupu při tvorbě projektu Energetický management budov	70
	Závěr.....	73
	Seznam použité literatury	74
	Přílohy:	76

Seznam použitých symbolů a zkratek:

AI	Analogový vstup
AC	Střídavý proud
AO	Analogový výstup
BACnet	Building Automation and Control Networks; Sít' pro automatizaci a řízení budov
BMS	Building Management Systém; Systém správy budov
CAD	Počítačem podporované projektování
Cu	Měď
ČSN	České technické normy
DC	Stejnoseměrný proud
DI	Digitální vstup
DO	Digitální výstup
DOC	Přípona formátu souboru Microsoft Word
DWG	Soubor výkresů AutoCAD
HDO	Hromadné dálkové ovládání
IoT	Internet of Things; Internet věcí
ISO	International Organization for Standardization; Mezinárodní organizace pro normalizaci
LON	Local Operating Network; Místně pracující síť
MaR	Měření a Regulace
MT	Měřič tepla
MTP	Měřicí transformátor proudu
M-BUS	Meter Bus; měřicí sběrnice
NN	Nízké napětí
NP	Nadzemní podlaží
OLE	Object Linking and Embedding; Spojování a vkládání objektů

OPC	OLE Process Control; Řízení procesů OLE
PD	Projektová dokumentace
PDF	Přenosný formát dokumentů
PLC	Programovatelný logický automat
PP	Podzemní podlaží
SV	Studená voda
SNMP	Simple Network Management Protocol; Jednoduchý protokol pro správu sítě
SW	Software
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol; Protokol řízení přenosu / Internetový protokol
TUV	Teplá užitková voda
TZB	Technické zařízení budov
USB	Universal Serial Bus; Univerzální sériová sběrnice
ÚT	Ústřední topení
VN	Vysoké napětí
VVN	Velmi vysoké napětí
VZT	Vzduchotechnika
XLSX	Přípona formátu souboru Microsoft Excel

Seznam použitých veličin:

<u>Název veličiny</u>	<u>Zkratka</u>	<u>Jednotka</u>	
Čas	t	s	sekunda
Délka	l	m	metr
Frekvence	f	Hz	hertz
Hmotnostní průtok	Q_m	kg/s	kilogram za sekundu
Napětí	U	V	volt
Přenosová rychlost		Bd	baud
Objem	V	m ³	metr krychlový
Objemový průtok	Q_v	m ³ /s	metr krychlový za sekundu
Odpor	R	Ω	ohm
Proud	I	A	ampér
Tepelná energie	E	J	joule
Teplota	T	°C	stupeň Celsia
Tlak	p	Pa	Pascal
Výkon	P	W	watt

Seznam obrázků

Obr. 1: Model systému managementu hospodaření s energií.....	str. 15
Obr. 2: Přínosy energetického managementu.....	str. 16
Obr. 3: Ilustrační fotografie elektroměru.....	str. 18
Obr. 4: Příklad zapojení elektroměru pro přímé měření.....	str. 20
Obr. 5: Ilustrační fotografie měřicího transformátoru proudu.....	str. 21
Obr. 6: Příklad zapojení elektroměru pro nepřímé měření.....	str. 23
Obr. 7: Ilustrační fotografie plynoměru.....	str. 24
Obr. 8: Ilustrační fotografie vodoměru.....	str. 26
Obr. 9: Ilustrační fotografie měřiče tepla.....	str. 29
Obr. 10: Obecná struktura komunikace pomocí M-BUS.....	str. 34
Obr. 11: Přenos znaků pomoci linkové vrstvy sítě.....	str. 35
Obr. 12: Mapa areálu zdravotnického zařízení.....	str. 41
Obr. 13: Fotografie elektroměru v rozvaděči v budově E2 - Centrální příjem s Emergency.....	str. 46
Obr. 14: Umístění vodoměru studené vody mimo budovu.....	str. 47
Obr. 15: Fotografie vodoměru v budově E4 - Chirurgie, ARO.....	str. 48
Obr. 16: Příklad instalace vodoměru a jeho připojení.....	str. 51
Obr. 17: Příklad instalace měřiče tepla a jeho připojení.....	str. 52
Obr. 18: Příklad rozkreslení schématu regulace (Budova H3).....	str. 53
Obr. 19: Příklad rozkreslení schématu regulace - zabezpečení regulační stanice (Budova H3).....	str. 54
Obr. 20: Umístění rozvaděče +DMR1-H3 v místnosti regulační stanice.....	str. 55
Obr. 21: Umístění budovy Regulační stanice zemního plynu v areálu zdravotnického zařízení.....	str. 57
Obr. 22: Blokové schéma vizualizace a energetického managementu.....	str. 59
Obr. 23: Ilustrační obrázek vizualizace regulační stanice.....	str. 62
Obr. 24: Výřez ze stromu struktur Eplanu naznačující dělení okruhů.....	str. 67
Obr. 25: Metodika postupu práce při tvorbě projektu.....	str. 70

Seznam tabulek

Tab. 1: Přiřazení sekundární adresy.....	str. 36
Tab. 2: Příklady získaných informací o elektroměrech.....	str. 45
Tab. 3: Příklady získaných informací o plynoměrech.....	str. 46
Tab. 4: Příklady získaných informací o vodoměrech studené vody.....	str. 47
Tab. 5: Příklady získaných informací o vodoměrech kondenzátu.....	str. 48
Tab. 6: Příklady získaných informací měřících tepla.....	str. 49
Tab. 7: Tabulka strojů a zařízení sloužící pro stanovení příkonu.....	str. 56

Úvod

Diplomová práce, kterou nyní držíte v ruce, je jak studií, ve které se dozvíte o možnostech energetického managementu a dálkového odečtu spotřeb energií, tak i metodikou práce, která je nutná při vyhotovování projektu zabývající se touto problematikou.

V úvodu práce naleznete popis energetického managementu, jakožto současný technologický trend, který ulehčuje práci při odečtu spotřeb médií a umožňuje „okamžité“ sledování odběrů energií, čehož můžeme využít při snižování jejich spotřeby. Dále je zde provedena charakteristika jednotlivých druhů měřičů médií a popis komunikační sběrnice M-BUS, která se používá pro dálkový odečet spotřeb energií.

V druhé polovině práce se nachází konkrétní projekt Energetický management zdravotnického zařízení, ve kterém je proveden návrh výměny stávajících měřičů za měřiče s dálkovým odečtem. Jedná se o metodiku postupu, na základě které, by měl student, či budoucí projektant, který čte tuto diplomovou práci, být schopen vyhotovit projekt týkající se energetického managementu a problematiky dálkového odečtu měřičů, aniž by měl s nimi nějaké předchozí „větší“ zkušenosti. V této části diplomové práce je popsán postup vyhotovení projektu od začátku, tj. od specifikace požadavků, zajištění vstupních podkladů a zjištění skutečného stavu, přes veškerou problematiku, se kterou se během práce na projektu můžete setkat, až po jeho následné předání k případné realizaci.

1 Rozbor energetického managementu

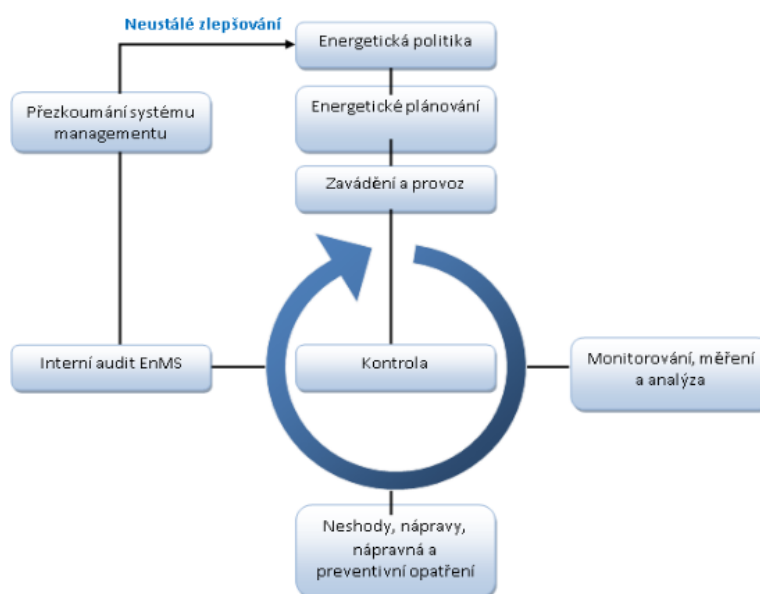
1.1 Co je energetický management

Pojem energetický management, o kterém tato diplomová práce projednává, má základ v anglickém spojení „to manage,“ neboli „řídít.“ Management se tedy dá přeložit jako „řízení.“ Pojem řízení je zde ovšem ve smyslu ucelené řízení výrobních i nevýrobních činností. Do těchto činností se dá zařadit např. prodeje, výroba, zásobování, ale také zásobování energií.

Energetický management se tedy dá chápat jako soubor opatření, jejichž cílem je efektivní řízení snižování spotřeby energie, který kladé důraz na analýzu a kontrolu dlouhodobých spotřeb energií a médií. Je to uzavřený cyklický proces, který se snaží neustále zlepšovat energetické hospodářství.

Skládá se z následujících činností:

- měření spotřeby energie (monitoring)
- stanovení potenciálu úspor energie a cílů
- realizace opatření
- vyhodnocování spotřeby energie a účinnosti realizovaných opatření
- porovnávání velikosti úspor předpokládaných a skutečně dosažených
- aktualizace energetických koncepcí
- aktualizace energetických plánů a akčních plánů. [1]



Obr. 1: Model systému managementu hospodaření s energií [1]

1.2 Cíle energetického managementu

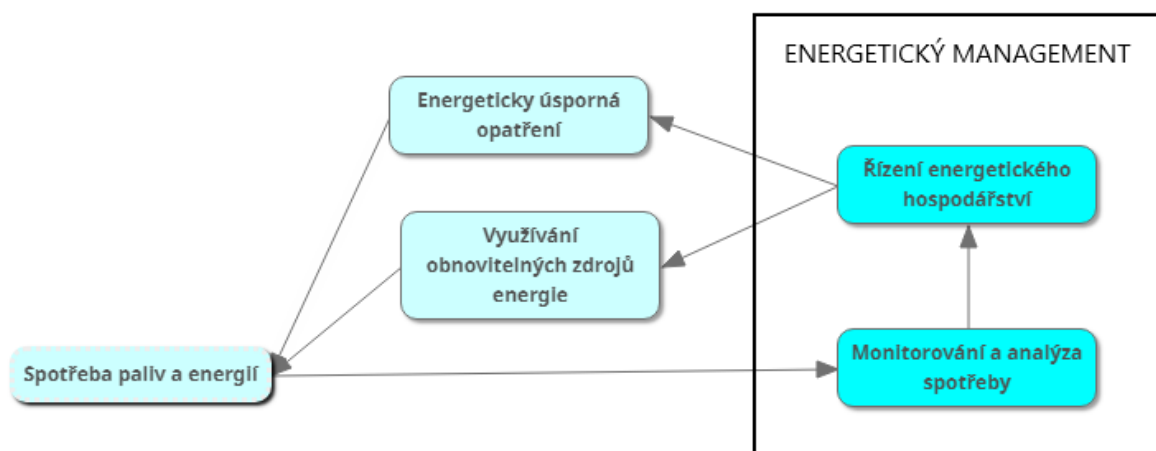
Hlavním cílem energetického managementu je zajištění spolehlivého, hospodárného a ekologicky šetrného provozu energetického hospodářství při zajištění všech oprávněných energetických potřeb systému. Základními dvěma cíli energetického managementu jsou optimalizace spotřeby energie a optimalizace výroby a dodávky energií.

Dílčími cíli poté jsou:

- zajištění odpovídajícího technického stavu všech provozovaných energetických zařízení
- zajištění potřebného množství jednotlivých požadovaných forem energie v daném čase, zajištění hospodárného užití jednotlivých forem energie
- zajištění rozvoje jednotlivých energetických soustav i celého energetického hospodářství, systému v souladu s potřebami předpokládaných aktivit výrobního či nevýrobního systému při respektování úrovně dosaženého technického pokroku v dané oblasti
- zajištění požadované spolehlivosti dodávek jednotlivých realizovaných forem energie
- optimalizace lidských zdrojů potřebných pro provozování energetického hospodářství
- zajištění efektivní spolupráce s ostatními systémy v předmětném subjektu. [2]

1.3 Přínosy energetického managementu

Přínosy energetického managementu se dají shrnout do dvou různých rovin, ekonomické a enviromentální. Do roviny ekonomické patří především úspory nákladů na energie a paliva díky sledování jejich spotřeb. Do roviny enviromentální lze pak zahrnout snižování emisí a imisí znečišťujících látek.



Obr. 2: Přínosy energetického managementu

1.4 Energetický management jednotlivých systémů energetického hospodářství

Aby bylo možné správně a korektně hodnotit hospodárnost užití jednotlivých forem energie, je nezbytné disponovat relevantním souborem registrovaných údajů v daném čase. Pro jednotlivé, nejčastěji se vyskytující energetické systémy a subsystémy, lze obecně formulovat následující soubor potřebných údajů: [2]

- spotřeba elektrické energie
- technické maximum výkonu elektrické energie
- dosažené maximum výkonu elektrické energie
- spotřeba zemního plynu
- spotřeba kapalných paliv
- spotřeba pevných paliv
- spotřeba pitné vody
- spotřeba povrchových vod
- množství vyrobené páry
- množství vyrobené horké vody
- množství vyrobené elektrické energie
- množství vyrobeného stlačeného vzduchu
- množství vyrobených technických plynů
- množství dodaného zemního plynu
- množství dodané pitné vody
- množství povrchové vody
- množství dodaného stlačeného vzduchu
- množství prodané energie jednotlivým autonomním nákladovým střediskům
- množství prodané energie ostatním odběratelům (v členění podle druhu energie a odběratelů)

2 Měřicí zařízení

V této kapitole diplomové práce je proveden popis měřicích zařízení, která jsou součástí modelového projektu Energetický management zdravotnického zařízení, který řeší problematiku měřicích zařízení přímo v praxi.

2.1 Elektroměry

Elektroměr je elektrický přístroj, který slouží k měření množství odebírané elektrické energie. Slouží k měření činné a/nebo jalové energie. Jestliže elektroměrem prochází přímo veškerá měřená energie a nejsou použity měřicí transformátory, jedná se o tzv. přímé měření.



Obr. 3: Ilustrační fotografie elektroměru [17]

V případech, kdy je elektroměr použit v zapojení s měřicími transformátory proudu, kterými prochází veškerá měřená energie, se jedná o převodové měření (nepřímé měření) elektrické energie. U převodového měření v síti nn se používají jen proudové měřicí transformátory. U měření vn a vvn se používají buď měřicí transformátory proudu nebo měřicí transformátory proudu spolu s měřicími transformátory napětí. Podle toho, na kterou stranu příslušného napájecího výkonového transformátoru jsou měřicí transformátory připojeny, hovoříme o buď primárním nebo o sekundárním měření. Primární měření je měření na straně vyššího napětí výkonového transformátoru, sekundární měření na straně nižšího napětí.

Provedení a zapojení rozvaděčů pro fakturační měření spotřeby elektrické energie u zákazníků připojených na rozvodné zařízení nízkého napětí vychází v první řadě z toho, zda se jedná o přímé nebo převodové měření spotřeby.

V případech, kdy odebíraný proud dosahuje trvalé hodnoty do 80 A případně do 100 A, používá se převážně přímé měření. Nad tyto hodnoty se již zvažuje provedení převodového měření s měřicími transformátory proudu. Doporučená hodnota provedení přímého měření je 80 A. O způsobu provedení přímého nebo převodového (nepřímého) měření z hlediska hraničních hodnot proudu rozhoduje provozovatel příslušné distribuční soustavy a stanovuje je ve svých připojovacích podmínkách. [3]

2.1.1 Přímé měření spotřeby elektrické energie

Sestavení dále uvedených obecných základních podmínek přímého měření elektrické energie ze sítí nn a zapojení měřicích zařízení vychází z Připojovacích podmínek regionálních provozovatelů distribučních soustav PRE, ČEZ a E.ON, které mohou být časem změněny nebo upraveny.

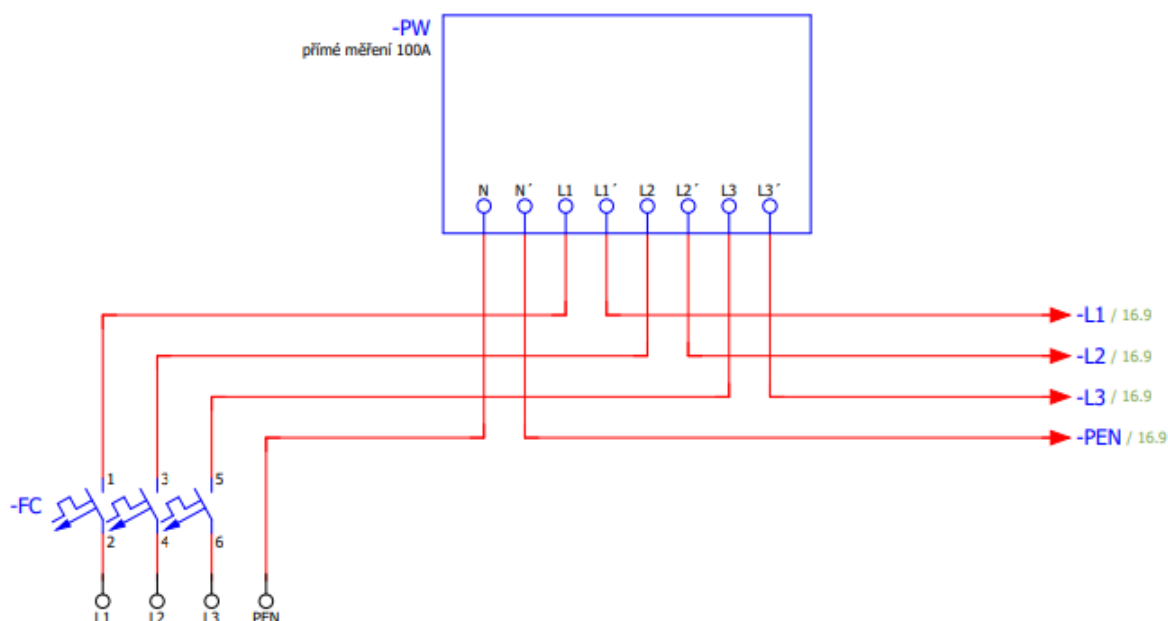
Jako základní podmínky lze uvést:

- 1) Před elektroměr se musí osadit hlavní jistič se stejným počtem pólů, jako má elektroměr fází. Hlavní jistič se dimenzuje tak, aby byl v souladu s povoleným příkonem měřeného odběrného zařízení. U hlavního jističe je požadována charakteristika vedení typu B (provozovatelé distribučních soustav připouští na základě řádného zdůvodnění i charakteristiku C a někteří v opodstatněných případech i charakteristiku D) a přednostní hodnota jmenovitého proudu jističe dle ČSN EN 60898-1 (35 4170).
- 2) Pro jednofázové odběry je maximální přípustná jmenovitá hodnota jističe 25 A.
- 3) Třífázové elektroměry musí být zapojeny ve správném pořadí (sledu) fází. Fáze musí být na přívodu do elektroměru seřazeny ve sledu L1, L2 a L3.
- 4) Všechny vodiče použité k propojení měřicích a ovládacích zařízení mají být jednožilové s plným jádrem, výjimečně mohou být použity slané žíly s pevně nalisovanými koncovkami u maximálně povolených průřezů.
- 5) Pro přívody a vývody z elektroměrů s přímým měřením se připouští nejmenší průřez vodiče (s ohledem na očekávané zařízení) 6 mm² Cu, největší průřez může být 16 mm², výjimečně se připouští 25 mm².
- 6) Ovládací vodiče pro přepínání tarifu elektroměru, připojení sazbového spínače nebo přijímače HDO a blokování stykačů musí mít průřez 1 až 1,5 mm² Cu (plné jádro).
- 7) Elektroměrové desky (popř. přístrojové desky) musí být připraveny pro montáž měřicích zařízení třídy ochrany I. Ochranný vodič pro propojení ochranné svorky kovových pouzder měřicích přístrojů s ochranou svorkovnicí musí mít minimální průřez 4 mm² Cu. V případě osazení měřicími zařízeními třídy ochrany II se připravený ochranný vodič nepřipojí, ale zasune za desku.

8) U měřicích zařízení a pomocných přístrojů staršího provedení (kromě přístrojů třídy ochrany II), které nejsou opatřeny ochranou svorkou, se ochranný vodič připojí přes úchytný šroub přístroje s použitím vějířových podložek.

9) U oceloplechových rozvaděčů (rozvodnic) je pro zajištění ochrany před úrazem elektrickým proudem veden vodič PEN (PE) zásadně nejprve na ochrannou svorkovnici rozvaděče, která je umístěna v prostoru upraveném pro zaplombování a je spojena s ochrannou svorkovnicí rozvaděče.

10) Propojovací vodič je do elektroměru připojen z ochranné svorkovnice rozvaděče. Musí mít minimální průřez 4 mm² Cu. [3]



Obr. 4: Příklad zapojení elektroměru pro přímé měření

2.1.2 Převodové (nepřímé) měření spotřeby elektrické energie

O provedení nepřímého (převodového) měření spotřeby, a tudíž o hodnotě převodu měřicích transformátorů proudu rozhoduje provozovatel příslušné distribuční soustavy.

Při použití měřicích transformátorů proudu se měřicí rozsah elektroměrů zvětší, ale zhorší se citlivost měřicí soustavy pro malá zatížení. Proto je důležité volit měřicí transformátory s převodem, který odpovídá skutečnému zatížení a charakteru odběru. Převod měřicího transformátoru proudu se určí podle hodnoty hlavního jističe před elektroměrem - primární hodnota měřicího transformátoru proudu má být dimenzována tak, aby odpovídala 80 až 125 % hodnoty hlavního jističe.

Měřicí transformátor proudu (MTP) lze definovat jako transformátor určený k přenosu informačního signálu k měřicím přístrojům nebo elektroměrům.



Obr. 5: Ilustrační fotografie měřicího transformátoru proudu [21]

Pro účely nepřímého měření spotřeby jsou převážně vyžadovány měřicí transformátory proudu s třídou přesnosti 0,2 nebo 0,5 převodem $\text{xxx}/5 \text{ A}$, jmenovitou zátěží 10 VA, s osazenými výrobními štítky úředně ověřené autorizovanou zkušebnou a opatřené plombou ověření (cejchem) nebo příslušným atestem. Pro speciální účely (digitalizaci naměřených údajů, přesná měření od malých hodnot proudů u odběratelů s velikou proměnlivostí odebíraného proudu apod.) se používají měřicí transformátory proudu třídy přesnosti 0,2S nebo 0,5S.

Vstupní (primární) svorky měřicích transformátorů proudu se označují velkými písmeny (K, L nebo P1, P2), svorky výstupních (sekundárních) vinutí se označují malými písmeny k, l nebo velkými písmeny S1, S2. Svorky se zapojují tak, aby proud v měřicích přístrojích připojených na sekundární straně transformátorů postupoval týmž směrem, jako kdyby se připojil na stejnojmenné svorky primární.

Sekundární svorky měřicích transformátorů proudu nesmějí být v provozu nikdy rozpojeny. Ve vinutí by se chodem naprázdno indukovalo vysoké napětí, jehož vlivem by došlo k oteplení izolace a následně k jejímu poškození. Zároveň by hrozilo nebezpečí úrazu vysokým napětím.

Z uvedených důvodů a pro zajištění bezpečnosti osob při montáži měřicích zařízení musí být před měřicím zařízením (elektroměrem) umístěna manipulační (jinak též zkušební či zkratovací) svorkovnice. Bez ní nelze měřicí zařízení u odběratele „osadit“.

Měřicí transformátory a měřicí zařízení se propojují plným vodičem Cu o průřezu $2,5 \text{ mm}^2$ u napětových obvodů a 4 mm^2 u proudových obvodů do délky vedení 20 m (při délce vedení do 5 m připouští někteří provozovatelé distribučních soustav pro proudové obvody průřez $2,5 \text{ mm}^2$ a pro napětové obvody průřez $1,5 \text{ mm}^2$). Při délce vedení do 40 m se uvedené průřezy zvyšují o jeden stupeň, tj. na 4 mm^2 u napětových obvodů a 6 mm^2 u obvodů proudových. Při délce nad 40 m je nutné dohodnout průřez vodičů pro každý případ individuálně.

Propojení musí být bez přerušení s výjimkou vyvedení na zkušební a zkratovací (manipulační) svorkovnici. Svorkovnici nutno montovat co nejbližší k měřicímu zařízení tak, aby delší strana

svorkovnice byla ve vodorovné poloze pro zajištění správné funkce. Doporučuje se používat svorkovnici s krytem z nevodivého materiálu, který zabezpečuje ochranu před úrazem elektrickým proudem.

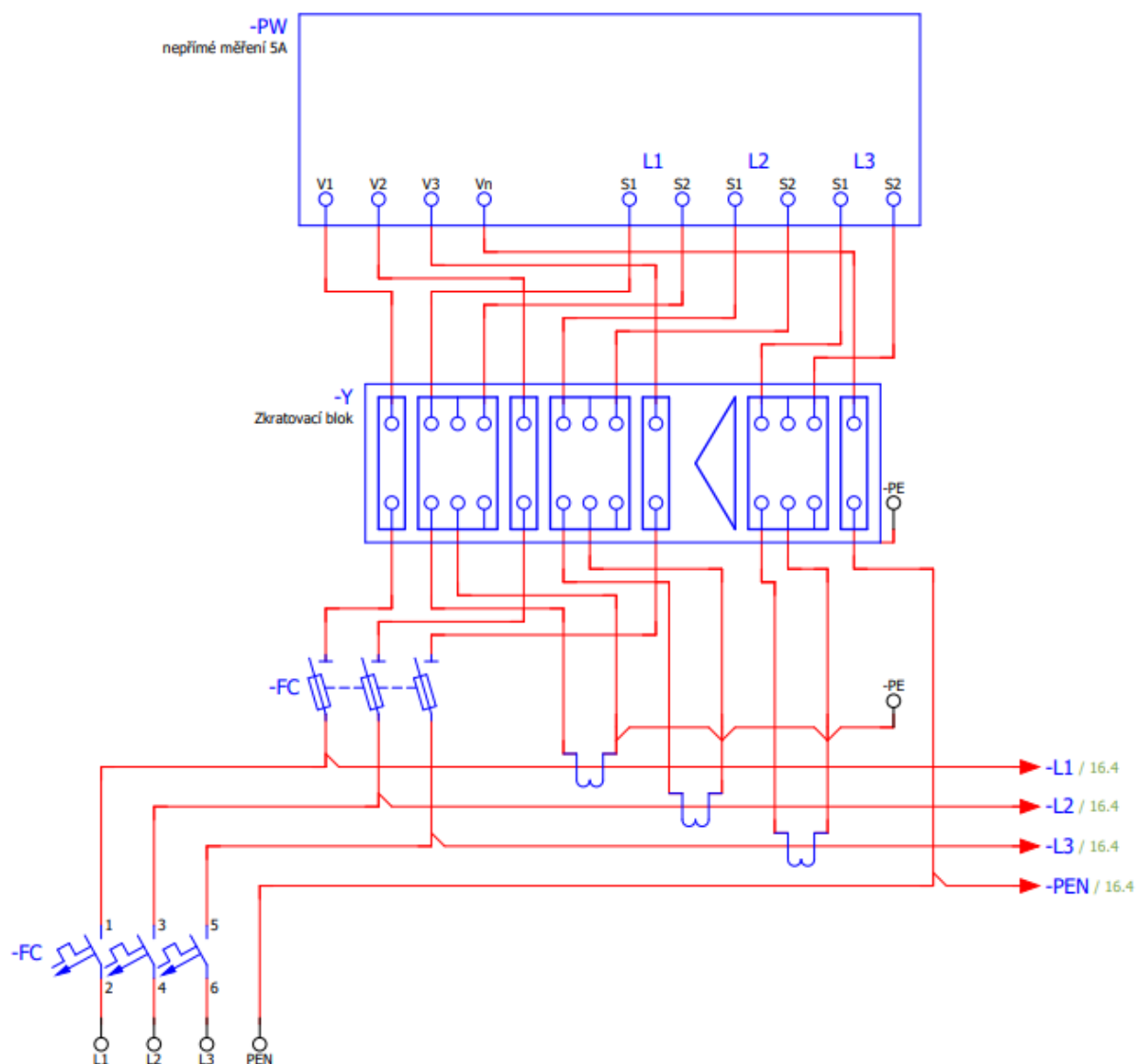
Spojovací vedení lze provést buď jednožilovými izolovanými vodiči nebo kabelem s příslušným počtem vodičů o daném průřezu, materiálu a barevném značení izolace.

Pokud je v trase možnost mechanického poškození vedení, musí být toto vhodným způsobem chráněno (pancéřovou trubkou nebo jiným rovnocenným způsobem).

Napěťové obvody se připojí v zaplombované části rozvaděče za hlavním jističem, co nejbližší připojení měřicích transformátorů proudu a pracovní - nulový (střední) vodič se připojí z ochranné přípojnice rozvaděče .

Jako ochrana obvodů statických elektroměrů má být u převodového měření v napěťovém obvodu před manipulační svorkovnicí namontován pojistkový odpínač s válcovými pojistkami o jmenovitém proudu 2 A. Kryt pojistkového odpínače musí být přizpůsoben pro zaplombování pouzdra pojistkových vložek v zapnuté poloze. Nadměrná délka plombovacího drátu po zaplombování pouzdra v zapnuté poloze nesmí umožnit vypnutí napěťového obvodu.

Kabely se vedou bez přerušení od měřicích transformátorů proudu a místa připojení napěťového obvodu nebo osazení pojistkového odpínače do manipulační svorkovnice. Za maximální délku propojovacích kabelů je požadovaná délka 20 m. [3]



Obr. 6: Příklad zapojení elektroměru pro nepřímé měření

2.1.3 Výpočet násobitele elektroměru při osazení nepřímého měření

Pro zjištění odebraného množství energie při použití přechodového (nepřímého) měření spotřeby musíme znát násobitele elektroměru N . Ten se vypočítá z převodu měřicích transformátorů proudu a sekundárního násobitele elektroměru dle vzorce:

$$N = p_1 * x_s = I_p / I_s * x_s \quad (1)$$

Kde:

p_1 ...převod měřicího transformátoru proudu (MTP)

x_s ...sekundární násobitel elektroměru (je uveden na štítku elektroměru)

I_p ...jmenovitá hodnota primárního proudu MTP

I_s ...jmenovitá hodnota sekundárního proudu MTP

Skutečnou spotřebu elektrické energie zjistíme tak, že rozdíl stavů číselníku elektroměru (rozdíl stavů současného a předchozího odečtu) vynásobíme vypočteným násobitelem N . [3]

2.2 Plynoměry

Jelikož výběr nového plynoměru na základě požadovaných parametrů zajišťuje technolog a profese týkající se elektro pouze definuje požadavky na možný odečet, je zde v kapitole pouze popsáno obecné rozdělení plynoměrů, které nezasahuje do detailních popisů principů funkčnosti těchto měřicích zařízení, ale pouze zjednodušeně přiblíží různé varianty, se kterými se může projektant při tvorbě projektů týkajících se energetického managementu setkat.

Plynoměr je přístroj určený pro měření, zaznamenávání nebo indikaci množství protečeného plynu při provozních podmínkách. [4]



Obr. 7: Ilustrační fotografie plynoměru [18]

2.2.1 Dělení plynoměrů podle principu

Objemový plynoměr - pracuje na principu plnění a vyprazdňování měřicího prostoru. Dělí se na:

- Membránový plynoměr s odměrnými membránovými komorami

- Rotační plynoměr s otáčivými písty

- Plynoměr s rotující komorou

Rychlostní plynoměr - pracuje na principu měření rychlosti protékajícího plynu známým průřezem, kde jedna z veličin (rychlost nebo průřez) je konstantní. Dělí se na:

- Turbínový - s oběžnými lopatkovými koly

- Vírový - s elektronickým snímáním a vyhodnocováním počtu vírů při proudění plynu tělesem měřidla

- Ultrazvukový plynoměr - s elektronickým snímáním změny rychlosti šíření ultrazvukového signálu v proudícím plynu

- Hmotnostní průtokoměr - měřící deformaci trubice proudící plynem s elektronickým vyhodnocováním.

Dynamický plynoměr - clonový průtokoměr, pracující na principu snímání a vyhodnocování tlaku před a za kruhovým otvorem souosým s potrubím (clonou). [4]

2.2.2 Dělení plynoměrů podle připojovacích hrdel

Dvouhrdlový se samostatným vstupním a výstupním hrdlem (přírubou).

Jednohrdlový s jedním připojovacím hrdlem, ve kterém je přívod i vývod plynu oddělen vnitřním mezikružím. [4]

2.2.3 Dělení plynoměrů podle stupně vybavenosti

Základní plynoměr - plynoměr poskytující pouze funkce požadované směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2014/32/EU. Plynoměr může být vybaven integrovaným nebo vzdáleným impulsním výstupem, případně datovým výstupem.

Inteligentní plynoměr - inteligentní měřidlo, kompatibilní se směrnicemi 2014/32/EU, 2006/32/ES (ESCO) a 2012/27/EU, mající komunikační schopnost a doplňkové funkce (vestavěný displej pro odběratele s informací o době použití, uzavírací ventil, domácí automatické rozhraní, předplatné funkce, dálkový update konfiguračních dat, funkce zapisování dat). Jedná se zejména o plynoměr:

- S automatickým čtením (AMR) - vybavený technologií dovolující automatické čtení a ukládání údajů měřidla.

- Předplatný nebo s průběžným placením - plynoměr („pay as you go“) s integrovaným uzávěrem, dovolující odběratelům používat pokročilé způsoby placení za energie (mechanický

žeton, mince, elektronické zálohy nebo SMS). Plynoměry mohou dálkově řídit splácení debetů a provádět výpočty k vyčerpání kreditu, založeném na tarifu a datech přepočtu energie, případně i umožňují změnu obchodníka.

- S inteligentním měřicím systémem - s více funkcemi, který je schopen provádět přepočet objemu plynu a výpočet spotřebované energie použitím hodnot, dodávaných systémem IT. [4]

2.3 Vodoměry

Stejně jako u plynoměrů, tak i u vodoměrů zajišťuje výběr nového měřicího zařízení na základě požadovaných parametrů technolog. Profese týkající se elektro opět pouze udává požadavky na možný odečet. Proto je i zde v kapitole popsáno pouze základní rozdělení vodoměrů, aby projektant, který se setká s těmito zařízeními, měl alespoň základní představu o možných variantách těchto měřidel.



Obr. 8: Ilustrační fotografie vodoměru [19]

Vodoměr je zařízení, které se používá k měření průtočného objemu vody. Základní rozdělení vodoměrů je provedeno v následujících podkapitolách.

2.3.1 Dělení vodoměrů podle účelu měření

Fakturační vodoměr - používá se za účelem určení nákladů za dodanou vodu (vodné). Tyto vodoměry se musí každých 5 let ověřovat cejchováním. Do fakturačních vodoměrů se řadí vodoměry domovní (hlavní). Ten slouží k měření spotřebované vody celého objektu. Zpravidla je umístěn mezi vodovodní přípojkou a vnitřním objektovým vodovodem. Tyto vodoměry jsou ve vlastnictví dodavatele vody.

Bytový vodoměr - používá se k rozpočítání spotřeby mezi více odběratelů. Jedná se o poměrový vodoměr, který se používá v bytových domech, kde se nachází více samostatných bytových jednotek. Bytové vodoměry mohou být ve vlastnictví dodavatele vody nebo vlastníka budovy, který musí zajišťovat jeho údržbu a ověřování.

Provozní vodoměr - používá se v průmyslových objektech. Provozní vodoměry slouží převážně ke kontrole průtoku a při regulaci spotřebované vody. [11]

2.3.2 Dělení vodoměrů podle konstrukce

Rychlostní vodoměr - má rotor osazený na vodorovné svislé hřídeli ve vodoměrové komoře, který protékající voda uvádí do pohybu. Počet otáček rotoru, které jsou přímo úměrné množství proteklé vody, jsou přenášeny přes mechanické ústrojí na počítadlo. Podle druhu rotoru se tyto vodoměry dělí na:

- Lopátkový - je nejrozšířenější princip měření, zvláště pro měření průtoku na potrubí DN < 50 (jmenovitá světlost potrubí). Lopátkové kolo průtokoměru je protékající kapalinou uváděno do rotačního pohybu kolem vlastní osy. Tento pohyb je následně přenášen na indikátor otáček (počítadlo). Z hlediska způsobu dopadu protékající kapaliny na lopátkové kolo se tyto vodoměry dělí na jednovtokové (na jednom místě) a vícevtokové (dopadá současně na několika místech). Podle způsobu provozování indikátoru (je-li v přímém kontaktu s kapalinou nebo ne) se dále vodoměry dělí na mokroběžné a suchoběžné.

- Šroubový (Woltmanův) - je velice rozšířený princip měření průtoků v rozvodech s jmenovitou světlostí nad DN 50. Vodoměr obsahuje rotor se šroubovými lopatkami, který je uváděn do pohybu kolem vlastní osy proudem protékající kapaliny. Z hlediska polohy osy rozlišujeme dvě základní provedení - horizontální poloha lopátkového kola s osou rovnoběžnou s osou potrubí a vertikální poloha lopátkového kola s osou kolmou k ose potrubí.

Objemový vodoměr - je zařízení sestávající z komor známého objemu a z mechanismu poháněného proudem kapaliny, kterým jsou tyto komory postupně plněny a následně vyprazdňovány. Sčítáním počtu těchto dílčích objemů, které je indikováno, je určen celkový proteklý objem. Zásadní výhodou těchto vodoměrů je, že chyba vodoměru je dána pouze chybou vyměření objemu komory a není závislá na změnách profilu a rychlosti pole měřené kapaliny. Vodoměry jsou vysoce citlivé. Nevýhodou těchto vodoměrů je náročná výroba měřicích komor, nebezpečí mechanického opotřebení měřicích komor a relativně malá rychlost měřeného průtoku. [11]

Průřezový vodoměr - pracuje na principu rozdílu rychlostí a tlaků při změně průtočného profilu. Uplatňují se zde základní rovnice hydrauliky – průtokové, kontinuity a Bernoulliho. Podle druhu škrtícího orgánu, který způsobuje zúžení, se dělí na clony, dýzy a Venturiho trubice. Průřezové vodoměry se doporučují pouze pro menší průřezy, jelikož způsobují poměrně značné ztráty tlakové výšky. [5]

Indukční (magneticko indukční) průtokoměr - je zařízení, které vytváří magnetické pole kolmé na směr proudění a umožňuje odvození průtoku z indukované elektromotorické síly vyvolané pohybem vodivé tekutiny v magnetickém poli. Indukční průtokoměr sestává z primárního prvku - snímače (obsahuje

elektricky izolovanou měřicí trubici, kterou protéká měřená kapalina, jeden nebo více párů měřicích elektrod a elektromagnet k vytvoření magnetického pole v měřicí trubici) a sekundárního prvku - měřicího převodníku, který zpracovává napěťový signál na elektrodách s tím, že měřený signál je přímo úměrný rychlosti proudění kapaliny v měřicí trubici. Tyto dvě části mohou tvořit jeden celek nebo mohou být instalovány každá zvlášť a vzájemně propojeny speciálním kabelem. Indukční průtokoměry vyžadují pro svou činnost síťové napájení.

Ultrazvukový průtokoměr - je zařízení, jehož princip činnosti je založen na skutečnosti, že vyslaný ultrazvukový signál mezi dvěma pevnými body potřebuje ve směru proudící kapaliny kratší čas než signál vyslaný proti tomuto proudu. Rozdíl těchto časů průchodu signálu je přímo úměrný rychlosti proudění měřeného média. Průtokoměr sestává z primárního prvku - snímače (páru sond), který vysílá a přijímá ultrazvukový signál, a sekundárního prvku - měřicího převodníku, který zpracovává signál ze sond s určením rychlosti proudění a na základě znalosti rozměru měřicí trubice ultrazvukového průtokoměru, resp. znalosti rozměru potrubí, stanoví hodnotu okamžitého průtoku kapaliny měřidlem. Okamžitý měřený průtok a údaj o celkovém proteklém množství jsou zobrazovány na displeji. [11]

2.3.3 Dělení vodoměrů z hlediska zákona o metrologii

Pracovní měřidla stanovená - jsou veškerá měřidla, která s ohledem na význam v obchodně smluvních vztazích podléhají ve smyslu zákona o metrologii pravidelnému ověřování a kalibraci. Jsou to veškeré vodoměry, podle nichž jsou účtovány veškeré platby za množství proteklé vody. Kromě klasických domovních vodoměrů jsou to i vodoměry určené k měření vody předané nebo převzaté a odebírané vody z podzemních nebo povrchových zdrojů, které podléhají zpoplatnění ve smyslu zákona o vodách.

Pracovní měřidla nestanovená - neboli provozní, jsou veškerá ostatní měřidla, která slouží pouze interní potřebě provozovatele. Jsou to například vodoměry v úpravnách vod, v čerpacích stanicích a vodojemech. Slouží ke sledování a řízení provozu a k indikaci poruch a úniků vody. Tato měřidla nepodléhají povinnému režimu ověřování a kalibraci. Četnost a rozsah kontrol měřidel je zcela v kompetenci vlastníka nebo provozovatele vodovodní sítě. [6]

2.3.4 Dělení vodoměrů podle umístění převodového soustrojí

Suchoběžné vodoměry - voda protéká skrz komoru, kde je umístěna turbína, aniž by se voda dostala do vrchní části vodoměru. Voda je izolována těsnicí mosaznou deskou, která zabraňuje průniku vody do číselníku. Přenos je u tohoto typu zajištěn pomocí magnetické spojky.

Mokroběžné vodoměry - mají číselníky plně zaplaveny vodou, kde dochází k přímému mechanickému přenosu z turbíny na číselník. [5]

2.4 Měřiče tepla

Pro měření spotřeby tepla lze použít dle vyhlášky č. 262/2000 Sb., kterou se zajišťuje jednotnost a správnost měření, tři metody. Těmito metodami jsou měřiče tepla, poměrové indikátory na radiátory a bezdrátové teploměry na zeď. Jelikož metody měření teploty pomocí indikátorů na radiátory a bezdrátových teploměrů na zeď se používají spíše v domovním a bytovém prostředí, bude jejich popis pouze velmi obecný tak, jak tomu bylo v předešlých kapitolách. V projektu Energetický management zdravotnického zařízení, který je řešen v rámci této diplomové práce, se setkáme s ultrazvukovými měřiči tepla. Těmto měřičům se tedy budu věnovat více. [7]



Obr. 9: Ilustrační fotografie měřiče tepla [20]

2.4.1 Indikátory na radiátory

Odpařovací indikátory - nejjednodušší způsob indikace dodávek tepla. Nejdéle používaný, avšak také nejméně přesný. Pracují na principu odpařovací kapaliny z měřicí ampule.

Jednočidlové elektronické indikátory - jedná se o poměrové indikátory. Snímají pouze povrchovou teplotu otopného tělesa v referenčním místě. Jejich porovnáním lze stanovit pouze poměrnou dobu využití instalovaného výkonu otopných těles. Základním předpokladem je správný výpočet stávajících otopných těles (jejich dimenzování).

Dvoučidlové elektronické indikátory - jedná se o poměrové indikátory. Snímají kromě povrchové teploty tělesa i teplotu okolí v místnosti. Může se tak porovnávat množství tepla dodávaného do místnosti. Lze tak porovnávat i případy nerovnoměrného dimenzování otopných těles, k němuž může dojít např. při částečném zateplování obvodového pláště budovy, při výměně oken, zasklívání balkonů apod. Přístroje vyhodnocují dodávku tepla do místnosti na základě porovnávání povrchové teploty tělesa a teploty místnosti. Spotřeba je vyhodnocována, pokud je těleso teplejší než místnost o více než 1,5°C. [8]

2.4.2 Bezdrátové teploměry na zed'

Bezdrátové teploměry na zed' měří přímo teplotu v místnosti, tedy fyzikální veličinu. Platba za spotřebované teplo je úměrná teplotě v místnosti. Z toho vyplývá, že metoda nepotřebuje žádné opravné koeficienty ani maximální nebo minimální limity. Bezdrátové teploměry na zed' mají bateriové napájení, díky tomu nevyžadují kabelové připojení. Naměřené hodnoty z těchto teploměrů jsou zobrazovány ve webové aplikaci, do které má přístup správce nebo uživatel bytu.

2.4.3 Měřiče tepla

Technické řešení měřičů tepla vychází ve svém principu ze způsobu stanovení konvenčně pravé hodnoty tepla (tepelné energie), které lze vyjádřit vztahem:

$$E = \int Q_m \cdot \Delta h \cdot dt \quad (2)$$

kde:

Q_m - hmotnostní průtok teplonosné kapaliny, která prochází přes měřič tepla

Δh - rozdíl mezi specifickými entalpiemi teplonosné kapaliny při vstupní a vratné teplotě v obvodu výměníku tepla

t - čas

Uvedený vztah se po úpravě může též vyjádřit následovně:

$$E = \int K \cdot \Delta \Theta \cdot dV \quad (3)$$

kde:

K - tepelný koeficient, který je funkcí teplonosné kapaliny v závislosti na změnách teploty a tlaku

- $\Delta\Theta$ - teplotní rozdíl mezi vstupní a vratnou teplotou teplotnosné kapaliny v obvodu výměníku tepla
- V - objem protečené kapaliny

Ve smyslu tohoto zjednodušeného pohledu lze popsat i jednotlivé prvky měřiče tepla, jsou to:

- kalorimetrické počítadlo
- párované snímače teploty
- průtokoměr (hydraulická část MT).

Kalorimetrické počítadlo - je v současnosti již výhradně elektronické zařízení, které snímá přes teplotní čidla teplotu vstupní a vratné teplotnosné kapaliny v obvodu výměníku tepla a na základě přijímaného signálu z průtokoměru, úměrného protečenému objemu (hmotnosti) teplotnosné kapaliny, provádí výpočet takto určeného předřadného tepla. Matematický člen při výpočtu zohledňuje polohu průtokoměru (ve vstupní nebo vratné části tepelného výměníku). Vypočtené množství vyměněného tepla je indikováno na displeji počítadla.

Běžným standardem současných kalorimetrických počítadel je široký výběr zobrazování měřených, resp. počítaných hodnot veličin, archivace určených hodnot a veliký výběr způsobů přenosu přes různá rozhraní ven z počítadla k dalšímu zpracování.

Z hlediska způsobu napájení jsou kalorimetrická počítadla členěna na bateriová a se síťovým zdrojem (zpravidla 230 V, 50 Hz).

Základní metrologické parametry pro posuzování kalorimetrických počítadel jsou:

- největší dovolená chyba určení tepelné energie
- nejmenší a jmenovitá teplotní difference
- nejmenší a jmenovitá teplota teplotnosné kapaliny
- způsob zpracování signálu od průtokoměru, maximální kmitočet snímaného signálu.

Párové snímače teploty - snímají teplotu teplotnosné kapaliny v přívodní a vratné větvi výměníku tepla. Nejčastěji jsou v provedení jako odporové platinové teploměry o jmenovité hodnotě 100 Ω a 500 Ω (resp. až 1000 Ω). Teploměry bývají zpravidla délek 35 až 150 mm v provedení stonkovém nebo s hlavicí. Připojení teplotních čidel bývá buď dvouvodičové (max. délka 3 m) nebo čtyřvodičové (umožňuje v podstatě neomezenou délku přívodních vodičů).

Základní metrologické parametry odporových snímačů jsou:

- změna odporu ΔR_0 (menší, než odpovídá změně teploty o 0,025 $^{\circ}\text{C}$)

- toleranční třída (A nebo B, podle ČSN IEC 751)
- shoda charakteristických křivek snímačů (párování).

Průtokoměr (hydraulická část měřiče tepla) - je měřidlo registrující v přívodní nebo vratné větvi výměníku tepla množství protečené teplotnosné kapaliny a vysílající signál, jenž je funkcí objemu nebo hmotnosti této kapaliny. Z hlediska určení největší dovolené chyby jsou u průtokoměrů definovány dva mezní průtoky - horní mez (maximální) a dolní mez. Dalším limitujícím parametrem průtokoměru je jeho horní teplotní mez (zpravidla 130 °C, resp. 90 °C). Nejčastěji užívaným teplotnosným médiem je voda, proto se jejich rozdělení týká nejen průtokoměrů, jako hydraulických částí MT, ale i průtokoměrů - vodoměrů. Jelikož jsou rozdílné typy popsány již v kapitole 2.3.2 *Dělení vodoměrů podle konstrukce*, budu zde popisovat pouze dva průtokoměry, které se jako vodoměry nevyužívají a nejsou tedy popsány v již zmiňované kapitole o dělení vodoměrů.

- Vírový průtokoměr - je zařízení, ve kterém je umístěno tělísko, vytvářející víry a senzor pro jejich detekci. Průtokoměry se vyznačují vysokou přesností pro široký rozsah průtoků. Mají srovnatelné parametry s turbínovými vodoměry Woltmannova principu, ale jsou levnější a neobsahují mechanicky se pohybující součásti. Používají se také pro měření páry v parovodních tepelných okruzích s výrazně lepšími parametry než u clony.

- Průtokoměry na bázi měření tlakové difference - jsou zařízení, která využívají fyzikální závislosti tlakové difference před a za zúžením potrubí s proudící kapalinou v závislosti na rychlosti jejího proudění. Jako zúžení se užívají různé clony a dýzy. Ve svém principu se jedná o konstrukčně jednoduché průtokoměry. Hlavní uplatnění nacházejí při měření tepla v páře. [11]

3 Komunikační sběrnice M-BUS a dálkový odečet měřičů

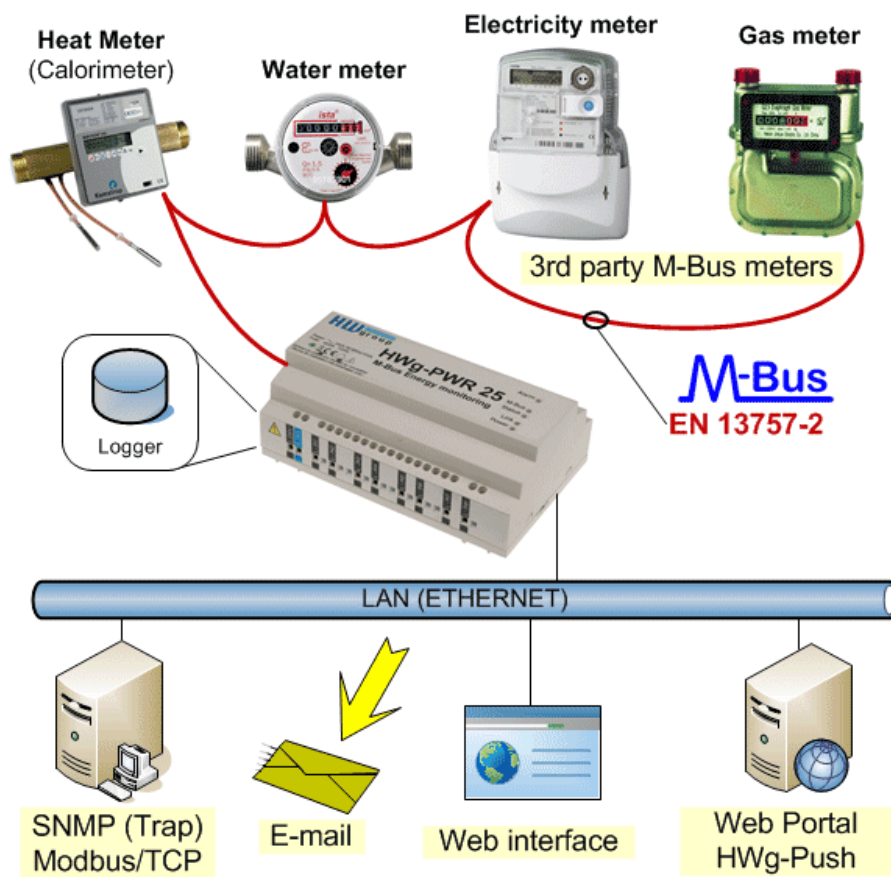
M-BUS je průmyslová datová sběrnice, která je určena k přenosu dat a řízení v oblasti měření a regulace topných systémů, plynu, odběru vody a elektrické energie. Struktura je založena na sériovém asynchronním přenosu po dvou vodičové sběrnici, podobně jako RS-485, s možností přímého napájení účastnických stanic.

Evropský standard M-Bus (z anglického Meter-Bus) byl původně primárně určen pro dálkové čtení dat měřičů tepla, ale obecně je určen pro aplikace sběru dat z měřičů odběru nejrozličnějších médií (například pitné a užitkové vody, plynu, tepla, elektrické energie), stejně tak i pro čtení dat z různých senzorů a řízení akčních členů převážně z oblasti systémů, kde není příliš nutná rychlá odezva v čase. [9]

V podkapitolách níže je sepsáno stručné seznámení se s touto datovou sběrnici. Pokud by ovšem někdo chtěl získat o této problematice více informací, mohu ho odkázat přímo na domovskou stránku, ač vizuálně „zastaralou“, tak velmi kvalitně sepsanou, www.m-bus.com. Popřípadě je možno dohledat potřebné informace v normách EN 13757-2 - fyzická a linková vrstva a EN 13757-3 - aplikační vrstva.

3.1 Základní charakteristika M-BUS

Na komunikační sběrnici M-BUS jsou kladeny specifické požadavky na základě její úzké a poměrně specializované aplikační oblasti. Tato sběrnice je využívána pro dálkový odečet dat z měřičů, kde příliš nezáleží na rychlosti komunikace, ale spíše záleží na její odolnosti vůči rušení. Komunikace probíhá způsobem Master/Slave (komunikace, kdy jedno zařízení přebírá řízení nad jedním nebo více zařízeními). Sběrnice musí zajistit propojení velkého množství zařízení (až 250). Typickou vlastností její aplikace je nepříliš časté odečítání naměřených hodnot s nízkými nároky na odezvy v reálném čase. Proto zde nejsou kladeny nároky na rychlost komunikace, jak již bylo zmíněno výše. Rychlost komunikace se pohybuje do 9600 Bd (baudů). Této rychlosti je dosahováno při délce úseku 350 m. Maximální délka úseku může být až 1000 m. Při této délce je pak přenosová rychlost nižší, přibližně 300 Bd. M-BUS umožňuje napájení jednotlivých stanic přímo přes sběrnici. Po sběrnici probíhá asynchronní sériová 8-bitová komunikace, kdy si jednotlivé strany posílají ucelené rámce. [9]



Obr. 10: Obecná struktura komunikace pomocí M-BUS [10]

3.1.1 Struktura sítě

Struktura sítě M-BUS je sběrnicevého typu. Pro průmyslové aplikace je tento typ sítě nejefektivnější na základě spolehlivosti i ceny. Jednotlivé komponenty jsou připojeny na jednu společnou linku, což má výhodu v připojování a odpojování komponent bez vlivu na samotnou komunikaci zbylých stanic a možnosti vysílání dat více stanicím najednou (broadcasting, multicasting). Za její nevýhodu lze naopak považovat možnost vysílání dat vždy jen jedné stanici v daném čase. Samotný model komunikace komponent je založen na RM-OSI modelu (Referenční model OSI se používá jako názorný příklad řešení komunikace v počítačových sítích a telekomunikačních sítích, kde jsou jednotlivé vrstvy nezávislé a snadno nahraditelné) z důvodu uplatnění téměř jakéhokoliv komunikačního protokolu. [10]

3.1.2 Fyzická vrstva sítě

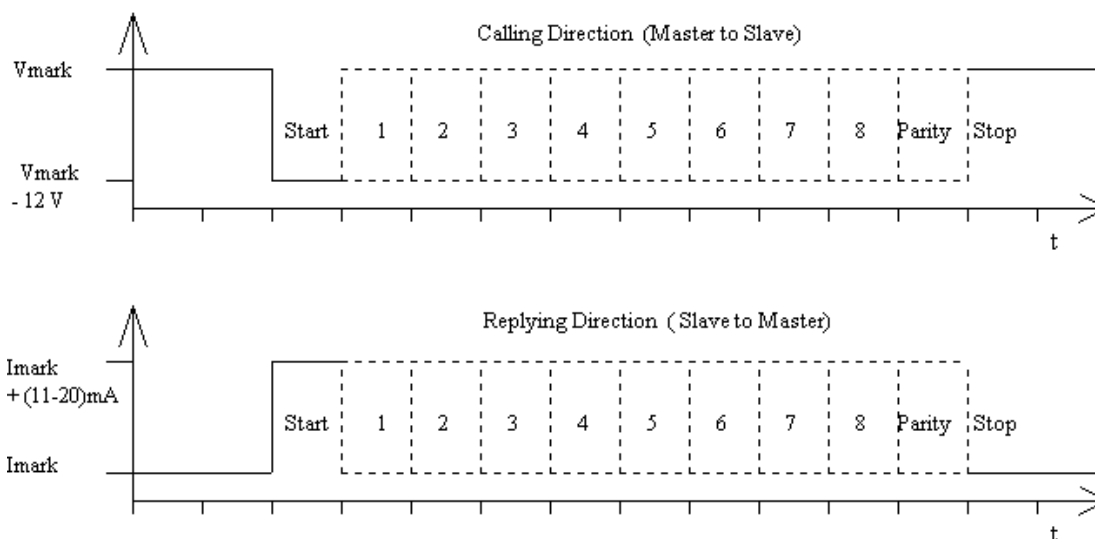
Základní struktura sítě obsahuje jednu řídicí stanici (Master) a účastnické stanice (Slave), kterých může být, jak již bylo zmíněno až 250. Účastnické stanice reprezentují jednotlivá měřicí, řídicí

a akční zařízení. Řídicí stanice může být PC s příslušným softwarem a rozhraním (RS232 - M-BUS interface), které může plnit i více rolí jako jsou testování jednotlivých stanic nebo průběžné sledování fyzických parametrů samotné sítě či M-BUS administrátora. Sběrnice je tvořena dvoudrátovým vedením (telefonní kabel) s poloduplexním přenosem dat s řízením přístupu Master - Slave. Primárně se využívá přenosu po stíněném kabelu s krouceným párem vodičů.

Délka kabelového úseku vedení nesmí být delší než 1000 m. Aby bylo možné napájení účastnických stanic po tomtéž vedení, používá M-BUS pro přenos od řídicí stanice (Master) ke stanicím účastnickým (Slave) změny napěťových úrovní. V opačném směru, od účastnických stanic k řídicí stanici, používá změny v odběru proudu.

3.1.3 Linková vrstva sítě

Základem protokolu je poloduplexní asynchronní přenos s rozsahem přenosových rychlostí 300 až 9600 Baud. Mezi jednotlivými přenášenými znaky nejsou časové mezery. To znamená, že ihned po stopbitu musí následovat přenos dalšího znaku. Tento požadavek vyplývá z požadavků fyzické vrstvy.



Obr. 11: Přenos znaků pomocí linkové vrstvy sítě [22]

Protokol linkové vrstvy je založen na mezinárodním standardu IEC 870-5, ve kterém se využívají 3 rozdílné datové třídy pro přenos řídicích dat. V případě sběrnice M-BUS se využívá formát dat FT 1.2, který spadá do druhé datové třídy. Tento formát specifikuje 3 rozdílné telegramy lišícími se startovacími znaky. [10]

- Jednotlivý znak - 0xE5 - skládá se z jediného znaku, používá se pro potvrzení o přijetí vyslaného rámce

- Krátký rámec - 0x10 - rámec s pevnou délkou
- Dlouhý rámec - 0x68 - obsahuje položku “uživatelská data”
- Řídící rámec - 0x68 - obsah řídicího rámce odpovídá dlouhému rámci, neobsahuje však položku “uživatelská data”

3.1.4 Síťová vrstva

Pokud by nestačil rozsah 250 primárních adres dostupných v linkové vrstvě, lze pro rozsáhlejší systémy implementovat vrstvu síťovou. Protokoly této vrstvy vlastně dynamicky přiřazují linkové adrese 253 jednotlivé účastnické stanice.

Jestliže chce řídicí stanice přiřadit účastnické stanici linkovou adresu 253, použije k tomu speciální rámec.

Tab. 1: Přiřazení sekundární adresy

0x68	0x0B	0x0B	0x68	0x53	0xFD	0x52	ID1-4	Man1-2	Gen	Med	CS	0x16
------	------	------	------	------	------	------	-------	--------	-----	-----	----	------

Tento rámec uvede vybranou účastnickou stanici do tzv. vybraného stavu. V tomto stavu reaguje zvolená stanice na linkové rámce s adresou 253.

Sekundární stanice je definována prvky: identifikační číslo, výrobce, verze a médium. Po uvedení do vybraného stavu pak tato stanice komunikuje tak, jako by byla její adresa 253. Toto platí až do doby, než je do vybraného stavu uvedena jiná účastnická stanice. [10]

3.1.5 Komponenty pro M-BUS

Centrály M-BUS sítě - slouží k identifikaci nově připojených přístrojů (automatické vyhledávání), umožňuje přímý přístup prostřednictvím PC k M-Bus přístrojům (přímo nebo přes modem), pravidelně kontroluje M-BUS přístroje, hlásí alarmy.

Opakovače - používají se v případě, když je nutné vyrovnat útlum signálu na dlouhém vedení nebo při zatížení velkým počtem podřízených jednotek.

Přepínače (switch) - dovolují vytvořit síť pro více než 250 stanic a topologii typu strom nebo hvězda.

Řadiče zóny - ovládají vzdálené opakovače v případě, kdy je celý systém rozdělen na tzv. zóny.

Převodníky - M-BUS / RS-232, M-BUS / RS-485, M-BUS / proudová smyčka 4÷20 mA, M-BUS / optické signály, M-BUS / různé firemní sítě.

Regulátory topných systémů - regulátory pro dálkové vytápění.

M-BUS interface + řídicí a testovací software pro PC - komponenty pro PC, které slouží k přímému řízení sítě M-BUS (řídicí stanice) bez nutnosti využití takzvané centrály.

3.2 Projektování M-BUS

Prvním a důležitým úkolem, který musí projektant řešit, je vyhledání vhodných měřičů, které disponují komunikačním rozhraním M-BUS. Tato podmínka, i když se zdá zcela triviální, je důležitá především v případě, kdy různé měřiče (např. vodoměry či plynoměry) jsou dodávkou různých profesí. Tato zařízení je tedy potřeba přesně specifikovat, případně je doplnit o různé přídatné moduly či karty, které tímto rozhraním disponují. Je také důležité se ujistit, že pro systém měření a regulaci budou k dispozici volná rozhraní měřičů. Mohlo by se totiž stát, že distribuční firmy, které dodávají různá měřená média (vodárenské společnosti, plynárny apod.) budou chtít využít komunikační linku měřiče pro své fakturační odečty. Tyto situace lze pak vyřešit buď volbou měřiče s více pozicemi, které lze „osadit“ dvěma kartami, nebo použitím M-BUS splitteru, což je přístroj, který dovoluje na jednu M-BUSovou sběrnici připojit dvě řídicí stanice.

Při tvorbě projektu je důležité splnit všechny podmínky, které byly zmíněny již v kapitolách výše. Topologie sběrnice M-BUS je poměrně volná, na sběrnici lze realizovat odbočky, větve apod. podle toho, jak a kde jsou umístěny měřiče. Kruhová topologie se však nedoporučuje. Je dobré topologii navrhnout tak, aby sběrnice šla rozdělit na více sekcí (vhodné při servisu). Dalším kritériem je maximální počet měřičů.

Při projektování zvláště delších, případně více osazených sběrnic, je důležité dbát na to, aby v kterémkoliv bodě sběrnice nekleslo napětí pod 12 V. Hodnota 12 V je minimální hodnotou doporučenou pro napájení měřičů. Komunikační sběrnice má sice jeden vodič kladný a druhý záporný, ale podle standardu M-BUS musejí být měřiče konstruovány tak, aby byly na polaritě nezávislé.

4 Projekt Energetický management zdravotnického zařízení

4.1 Úvodní představení projektu

Projekt Energetický management včetně měření a regulace jsem měl možnost vypracovat v rámci diplomové práce. Téma, které se zabývá možnostmi ušetření spotřeb energií, kde zároveň mohu využít své technické znalosti, mne zaujalo hned od začátku. Proto jsem se o projekt začal zajímat více a začal jsem si zjišťovat, co by vypracování projektu a následné sepsání diplomové práce, která by měla sloužit jako metodika pro vypracování obdobného projektu, obnášelo.

Při studii projektu a potřebných podkladů, jsem se také zaměřil na obdobné práce, ze kterých bych mohl načerpat více znalostí. Bylo pro mne ovšem velkým překvapením, když jsem zjistil, že obdobná práce neexistuje. Toto mne utvrdilo ještě více při výběru tohoto tématu na svou diplomovou práci. Následně jsem se tedy domluvil s mým vedoucím diplomové práce, že projekt vypracuji a poté sepiši jeho metodiku vypracování, která by sloužila jako pomůcka pro studenty i projektanty, kteří by se o obdobnou problematiku v budoucnu zajímali.

Projekt, který byl tedy vypracován v rámci diplomové práce, řeší energetický management a měření a regulaci napojovacích uzlů pro objekty v areálu zdravotnického zařízení.

Projekt zahrnuje následující:

- Výměna elektroměrů za nové s komunikačním rozhraním M-BUS
- Výměna vodoměrů studené vody za nové s komunikačním rozhraním M-BUS
- Výměna vodoměrů kondenzátu za nové s komunikačním rozhraním M-BUS
- Výměna plynoměrů za nové s komunikačním rozhraním M-BUS
- Doplnění nebo výměna měřičů tepla
- Doplnění nebo výměny měřících transformátorů proudů
- Komunikační kabeláž M-BUS
- Dodávka a montáž rozvaděčů měření a regulace
- Osazení polní instrumentace, akčních členů a vytvoření vazeb na integrované technologie
- Vybudování kabelových tras a instalací kabeláže
- Dodávka uživatelského software pro programovatelné podstanice systému měření a regulace
- Připojení regulátorů a měřičů do BMS areálu zdravotnického zařízení
- Vizualizace a archivace měřených dat

- Zaregulování, komplexní a individuální zkoušky, zkoušky vazeb na integrovaná zařízení
- Zaškolení obsluhy, vypracování návodů k obsluze

Hranice projektu tvoří:

- Napájecí místa rozvaděčů MaR
- Stávající napojovací místa vnitřní sítě Ethernet zdravotnického zařízení (LAN) v rámci tohoto objektu
- Odběrná místa nepřímého měření budou vybavena nasouvacími měřicími transformátory proudu, které budou nasunuty na stávající přípojnice
- Odběrná místa přímého měření budou připojena novými vodiči, které budou připojeny na stávající jističe a do stávajících svorkovnic
- Stávající vodoměry, elektroměry a měřiče tepla
- Regulační uzly obsahující měřiče tepla

Projektová dokumentace byla vytvořena na základě těchto podkladů:

- Text poptávkového řízení
- Tabulka pro ruční odečty neelektrických měřičů spotřeb – „Pasportizace měření neel.xlsm“
- Tabulka pro ruční odečty elektroměrů – „2018_Op_Elm (01).xlsm“
- Projektová dokumentace „ZAREGULOVÁNÍ TOPNÉHO SYSTÉMU OBJEKTŮ“
- Projektová dokumentace „SMĚŠOVACÍ UZLY ÚT A VZT NA PATÁCH OBJEKTŮ“
- Dokumentace „Pasportizace inženýrských sítí“
- Projektová dokumentace „OPRAVA VODOVODU“
- Projednání rozsahu projektové dokumentace na KD
- Prohlídky měřicích odběrných míst projektantem
- Zápisy z kontrolních dnů projektu
- Tabulky napájecích míst rozvaděčů MaR

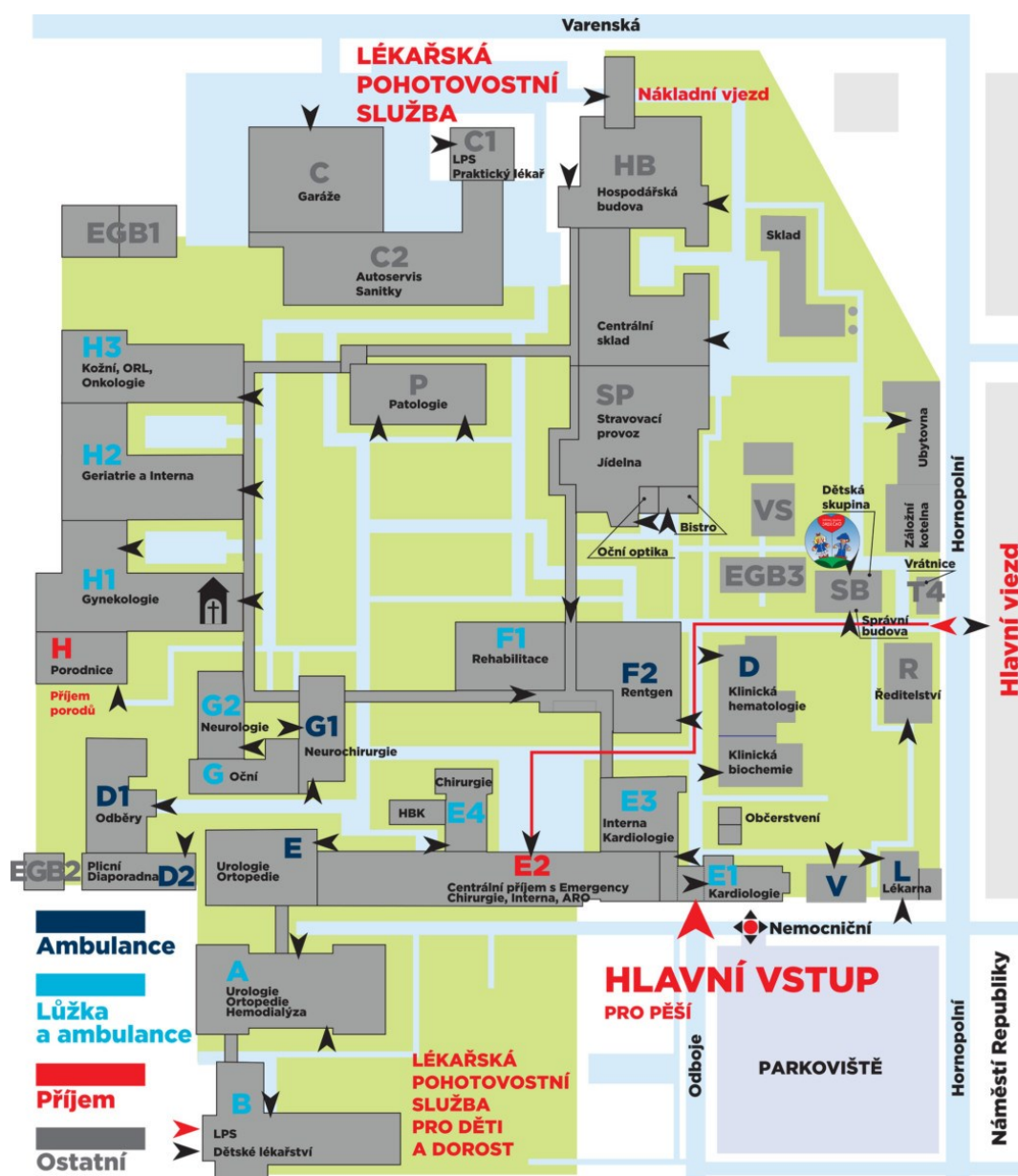
V areálu zdravotnického zařízení se nachází celkem 32 objektů, které řeší projekt Energetický management včetně měření a regulace. K těmto objektům mi byly poskytnuty podklady. Tyto podklady byly jak v elektronické formě, s těmi se pracuje lépe, jelikož již jsou připraveny k úpravám v počítači, tak i formě papírové, což obnášelo přenesení dat do počítače, a tedy i velkou časovou prodlevu. Stáří podkladů některých objektů bylo ovšem vysoké a aktuálnost těchto podkladů nebyla zrovna optimální. K některým objektům nebyly podklady vůbec k dispozici, jelikož už neexistují.

Jak již bylo zmíněno, v areálu se nachází 32 objektů. Projekt zahrnuje jak dílčí zdravotnická oddělení (např. oční, urologie či lékařskou pohotovostní službu), administrativní budovy (ředitelství), budovy určené pro zázemí zaměstnanců (stravovací objekt), tak i kotelny, energobloky i výměňkové stanice.

Řešené budovy (jejich názvy společně se zkratkami vychází z oficiálního značení zdravotnického zařízení) jsou:

- Budova A - Centrální sterilizace
- Budova B - Dětské
- Budova C - Lékařská pohotovostní služba
- Budova CG - Lékařská pohotovostní služba Garáže
- Budova D - Laboratoře OKH a OKB
- Budova E - Urologie, Ortopedie, Traumatologie
- Budova E2 - Centrální příjem s Emergency
- Budova E3 - Interna
- Budova E4 - Chirurgie, ARO
- Budova F - Rehabilitace
- Budova F - Rentgen
- Budova G - Oční
- Budova G1 - Neurochirurgie
- Budova G2 - Neurologie
- Budova H1 - Příjem porodů, Gynekologie
- Budova H2 - Geriatrie a interna
- Budova H3 - Klinická onkologie, ORL, kožní
- Budova HB - Hospodářská budova
- Budova L - Lékárna
- Budova O - Stravovací objekt
- Budova P - Patologie
- Budova R - Ředitelství
- Budova SB - Správní budova

- Budova V - Závodní lékař
- Energoblok č. 1
- Energoblok č. 2
- Energoblok č. 3
- Kotelna
- Regulační stanice zemního plynu
- Výměňíková stanice H.
- Výměňíková stanice V.



Obr. 12: Mapa areálu zdravotnického zařízení

4.2 Vstupní podklady

Práci na projektu jsem zahájil prostudováním poskytnutých podkladů. Mezi ty nejdůležitější patřily projektové dokumentace Zaregulování topného systému objektů a Směšovací uzly ÚT a VZT na patách objektů. Tyto dvě dokumentace určují rozsah projektu, přesněji řečeno oba již vyhotovené projekty udávají přesný seznam řešených budov (viz 32 budov výše). Ostatní budovy v areálu, které nebyly řešeny ani v jednom projektu, nejsou řešeny ani v projektu energetického managementu.

Dále jsem vycházel z tabulek: Pasportizace měření neel - tabulka pro ruční odečty neelektrických měřičů spotřeb a 2018 Op_Elm (01) - tabulka pro ruční odečty elektroměrů. V těchto tabulkách je seznam všech měřičů, které měly být nahrazeny měřiči s dálkovým odečtem.

Posledními důležitými podklady, které mi byly zaslány, byly půdorysy budov. Problémem ovšem bylo, že ne všechny budovy byly zakresleny v digitální formě a nebylo tedy možné pracovat s jejich půdorysy přímo v počítači.

4.3 Rozdělení budov

Abych se seznámil s faktickým stavem objektů a měřičů, vytvořil jsem si nejprve tabulku s plánem jednotlivých prohlídek všech 32 budov. V této tabulce se nacházely všechny řešené měřiče a do volných kolonek jsem pouze vpisoval potřebné informace, které jsem během prohlídek skutečného stavu získal.

V objektech se nacházely tyto druhy měřičů:

Elektroměry (55 ks):

- Budova A - Centrální sterilizace (7x)
- Budova C - LPS správní budova (2x)
- Budova E2 - Centrální příjem s Emergency (3x)
- Budova E4 - Chirurgie, ARO (1x)
- Budova F - Rehabilitace (3x)
- Budova F - RDG (3x)
- Budova G2 - Neurologie (2x)
- Budova H1 - Příjem porodů, Gynekologie (3x)
- Budova H2 - Geriatrie a interna (3x)
- Budova H3 - Klinická onkologie, ORL, kožní (3x)
- Budova HB - Hospodářská budova (3x)

- Budova L - Lékárna (2x)
- Budova O - Stravovací provoz (4x)
- Budova R - Ředitelství (2x)
- Budova SB - Správní budova (1x)
- Budova V - Závodní lékař (1x)
- Energoblok č. 1 (4x)
- Energoblok č. 2 (2x)
- Energoblok č. 3 (6x)

Plynoměry (2 ks):

- Regulační stanice zemního plynu (2x)

Vodoměry studené vody (13 ks):

- Budova A - Centrální sterilizace (1x)
- Budova B - Dětské (1x)
- Budova E3 - Interna (1x)
- Budova E4 - Chirurgie, ARO (1x)
- Budova H1 - Příjem porodů, Gynekologie (1x)
- Budova H2 - Geriatrie a interna (1x)
- Budova H3 - Klinická onkologie, ORL, kožní (1x)
- Budova L - Lékárna (1x)
- Budova O - Stravovací provoz (1x)
- Závodní lékař (1x)
- Kotelna (1x)
- Výměňíková stanice V. (1x)
- Ředitelství (1x)

Vodoměry kondenzátu (5 ks):

- Budova E - Urologie, Ortopedie (1x)
- Budova E4 - Chirurgie, ARO (1x)
- Budova O - Stravovací provoz (1x)
- Výměňíková stanice H. (1x)
- Výměňíková stanice V. (1x)

Měřiče tepla (42 ks):

- Budova C - LPS (1x)
- Budova CG - LPS Garáže (4x)
- Budova D - Laboratoř OKH a OKB (2x)
- Budova E - Urologie, Ortopedie (2x)
- Budova E2 - Centrální příjem s Emergency (1x)
- Budova E3 - Interna (4x)
- Budova E4 - Chirurgie, ARO (2x)
- Budova G1 - Neurochirurgie (2x)
- Budova G2 - Neurologie (2x)
- Budova H1 - Příjem porodů, Gynekologie (1x)
- Budova H3 - Klinická onkologie, ORL, kožní (4x)
- Budova HB - Hospodářská budova (4x)
- Budova L - Lékárna (1x)
- Budova O - Stravovací objekty (5x)
- Budova P - Patologie (2x)
- Budova V - Závodní lékař (1x)
- Koridor NU2 (1x)
- Koridor NU3 (1x)
- Výměňíková stanice H. (1x)
- Výměňíková stanice V. (1x)

Budovy jsem také rozdělil podle toho, zda jsem k nim obdržel půdorysy. Jak jsem zmiňoval výše, některé budovy totiž svůj půdorys neměly. Budovy, od kterých jsem půdorys neobdržel jsou:

- Budova A
- Budova B
- Budova SB
- Energoblok č. 1, 2 a 3
- Kotelna
- Regulační stanice zemního plynu
- Výměňiková stanice H. a V.

4.4 Zjištění skutečného stavu

Na základě rozdělení budov, viz výše, jsem uskutečnil podle plánu několik prohlídek budov, abych zjistil skutečný stav měřičů. Dle skutečného stavu jsem pak mohl navrhnout nové měřiče, které umožňují dálkový odečet pomocí komunikačního protokolu M-BUS.

4.4.1 Skutečný stav elektroměrů

Objekty zdravotnického zařízení jsou vybaveny mechanickými elektroměry, které neumožňují dálkový odečet. Dle tabulky *2018_Op_Elm (01)*, kde jsou zapsána data o ručních odečtech všech elektroměrů, jsem vytvořil seznam elektroměrů, viz *Seznam měřičů*. U všech elektroměrů jsem zapisoval jejich umístění (místnost), název rozvaděče, ve kterém se elektroměry nachází, zjistil jsem, jestli se jedná o přímý či nepřímý elektroměr, jejich maximální proud a rozměry přípojníc, případně průřez přívodních vodičů elektroměrů.

Tab. 2: Elektroměry, zaznamenávané položky, příklad

Budova	Umístění	Rozvaděč	Přímý / Nepřímý	Proud	Rozměry šín
Budova H3	H3.2.013	RH-S-A POLE2	Nepřímý	550 A	60x10 mm
Budova A	Dialýza 1.NP	+R102-1 S	Přímý	63 A	Vodič 6 mm



Obr. 13: Fotografie elektroměru v rozvaděči v budově E2 - Centrální příjem s Emergency

4.4.2 Skutečný stav plynoměrů

V celém areálu se nachází pouze dva plynoměry. Ty jsou umístěny v regulační stanici zemního plynu. U plynoměrů bylo potřebné zjistit tlakovou třídu a konkrétní typ.

Tab. 3: Plynoměry, zaznamenávané položky, příklad

Budova	Typ	Tlaková třída
Regulační stanice zemního plynu	TR22 G650	DN150 PN10

4.4.3 Skutečný stav vodoměrů studené vody

Vodoměry studené vody se nachází téměř u všech budov. Záměrně nepíši, že se nachází přímo v budovách, jelikož některé vodoměry se nachází například v kanálech u budov. Na základě tohoto bylo zjišťování skutečného stavu vodoměrů nejsložitější. Zde jsem si také skutečně uvědomil, že práce projektanta není pouze o sezení za počítačem, ale vyžaduje i v některých chvílích značnou fyzickou odolnost.



Obr. 14: Umístění vodoměru studené vody mimo budovu

U všech vodoměrů studené vody jsem musel zjistit jejich umístění, průměr potrubí, tlakovou třídu vodoměrů a tlakovou třídu nejbližší armatury (pokud byla na potrubí umístěna).

Tab. 4: Vodoměry studené vody, zaznamenávané položky, příklad

Budova	Umístění	Průměr potrubí	Tlaková třída	Tlaková třída nejbližší armatury
Budova A	Kanál	62 mm	16 bar	DN50 PN16
Budova H3	H3.1.001a	100 mm	DN100	Nezjištěno



Obr. 15: Fotografie vodoměru v budově E4 - Chirurgie, ARO

4.4.4 Skutečný stav vodoměrů kondenzátu

U vodoměrů kondenzátu bylo zapotřebí zjistit stejné informace jako u vodoměrů studené vody. Jednalo se tedy o jejich umístění, průměr potrubí, tlakovou třídu vodoměrů a tlakovou třídu nejbližší armatury (pokud byla na potrubí umístěna). V areálu zdravotnického zařízení se nachází celkem 5 vodoměrů kondenzátu.

Tab. 5: Vodoměry kondenzátu, zaznamenávané položky, příklad

Budova	Umístění	Průměr potrubí	Tlaková třída	Tlaková třída nejbližší armatury
Budova E	E.011	30 mm	DN6	Nezjištěno
Budova E4	E4.0.04	58 mm	Qn=15	DN50 PN6

4.4.5 Skutečný stav měřičů tepla

Měřiče tepla jsou v areálu pouze dva. Jedná se o měřiče tepla ve Výměňíkových stanicích H. a V. Další měřiče tepla jsou součástí projektu Zaregulování topného systému objektů, na který projekt Energetický management navazuje, takže parametry jeho měřičů tepla jsem nenavrhoval, ale jen převzal do Seznamu měřičů.

Tab. 6: Měřiče tepla, zaznamenávané položky, příklad

Budova	Umístění	Parametry
Budova H3	Měřič tepla je v řešení	PN16, Qn=10 m ³ /h
Výměňíková stanice V.	T.1.112	TYP: INMAT 57D 457D26110

Veškeré měřiče byly zakresleny dle skutečného stavu do půdorysů budov. Jednotlivé druhy měřičů byly také zapsány do tabulky Seznam měřičů, která je obsažena v přílohách. V této tabulce má každý měřič své specifické označení, které je nezaměnitelné. V celém areálu se tedy nemůže stát, že by více měřičů mělo stejné označení. Dle tabulky je pak možno přesně určit, o který měřič se jedná a kde se nachází.

4.5 Návrh nového řešení měřičů

4.5.1 Elektroměry

Všechny stávající elektroměry jsou sepsány v tabulce Seznam měření. Na základě zjištěných parametrů jsem navrhl nové elektroměry, které umožňují dálkový odečet pomocí komunikačního rozhraní M-BUS.

Elektroměry jsem na základě jejich proudu navrhoval buď jako přímé nebo jako nepřímé (měření proudu pomocí měřících transformátorů proudu). Proudová hranice, která určovala, jaký typ elektroměru použiji byla 100 A. Tuto hranici udávají distribuční společnosti. Všechny elektroměry, jak stávající, tak nově navržené jsou třífázové. K nepřímým elektroměrům jsou navrženy také měřicí transformátory proudu, na každou fázi jeden. Měřicí transformátory proudu byly vybrány na základě proudu vtékaného do rozvaděče. MTP snižují hodnotu proudu v poměru xxx:5 A. U MTP je vždy také určena velikost pásoviny. Veškeré potřebné parametry jsou sepsány v jednotlivých Výkazech výměrů určitých budov.

Popis elektroměrů, jejich dělení na přímé a nepřímé a popis měřících transformátorů proudu je proveden v kapitole 2.1 *Elektroměry*. V této kapitole také naleznete příklady schémat zapojení, které jsem pro tento případ zakreslil, konkrétně se jedná o *Obr. 4: Příklad zapojení elektroměru pro přímé měření* a *Obr. 6: Příklad zapojení elektroměru pro nepřímé měření*.

4.5.2 Plynoměry

Jak již bylo zmíněno výše, plynoměry se v celém areálu zdravotnického zařízení nachází pouze dva. Oba jsou umístěny v budově Regulační stanice zemního plynu. Jelikož oba plynoměry jsou ve vlastnictví dodavatele plynu, není možná jejich výměna. Výrobce ovšem umožňuje dovybavení vlastních plynoměrů o impulsní vysílače. V současnosti tedy neexistuje možnost využít komunikace M-BUS u stávajících plynoměrů. Doporučuji tedy vznést požadavek na vlastníka plynoměru o jejich doplnění o potřebné impulsní vysílače.

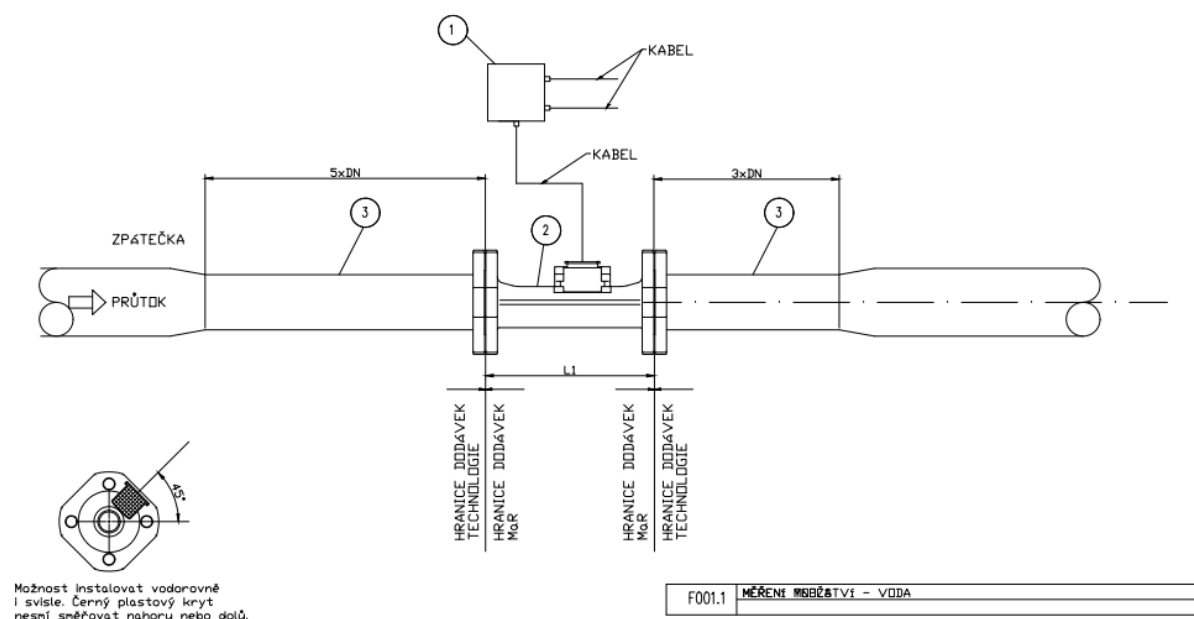
Poblíž Regulační stanice zemního plynu, přesněji na její vnější fasádě, jsem navrhl umístění rozvaděče MaR +DMR2-RS. Rozvaděč bude napájen ze stávajícího rozvaděče, který je umístěn u vstupu do objektu. Umístění rozvaděče MaR na okolní budově je dáno na základě prostoru s nebezpečím výbuchu, který je v okolí plynoměrů. Tato problematika je více popsána v kapitole 4.6.2 *Návrh rozvaděčů*.

4.5.3 Vodoměry studené vody a vodoměry kondenzátu

Vodoměry na studenou vodu a vodoměry kondenzátu jsem spojil do jednoho návrhu, jelikož zde byl stejný postup. Mnou zjištěné informace o nich popsané v předchozí kapitole by měly být k dispozici i technologovi, který má návrh nových vodoměrů ve své kompetenci, přičemž mělo by mu být zdůrazněno, že nově navržené vodoměry musí umožňovat dálkový odečet pomocí komunikace M-BUS.

Vodoměry studené vody pro budovy A, E3, E4, Výměňíková stanice V. a budova Ředitelství jsou umístěny v kanále před budovami, konkrétně poblíž veřejných komunikací, na patách rozvodů studené vody a jsou ve vlastnictví vodárenské společnosti, která zajišťuje přívod studené vody do areálu. Z tohoto důvodu je důležité v případě realizace projektu vznést požadavek na vodárenskou společnost stran výměny vodoměrů za vodoměry s komunikačním rozhraním M-BUS a možností dálkového odečtu. Pro názorný příklad instalace vodoměru a jeho zapojení jsem zakreslil *Obr. 9: Příklad instalace vodoměru a jeho připojení*.

POZ	POPIS	POČET
1	VYHODNOCOVACÍ JEDNOTKA	KS 1
2	ULTRAZVUKOVÝ PRŮTOKMĚR	KS 1
3	MĚŘICÍ TRATĚ 5x DN PŘED + 3x DN ZA SNÍMAČEM	KS 1

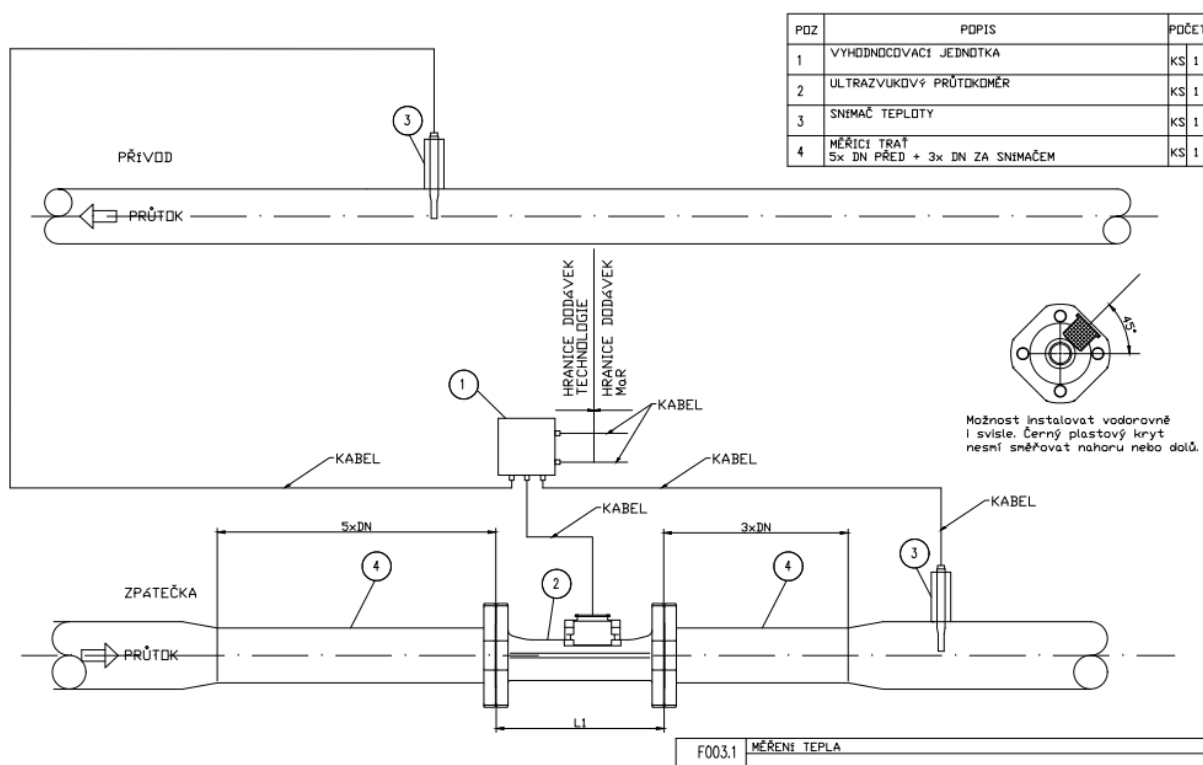


Obr. 16: Příklad instalace vodoměru a jeho připojení

4.5.4 Měřiče tepla

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, v celém areálu se nachází dva měřiče tepla. Oba měřiče disponují komunikačním rozhraním M-BUS. V tomto ohledu nebyla nutná jejich výměna. Požadavkem Zdravotnického zařízení ovšem bylo, že měřiče tepla nesmí být bateriové s ohledem na omezenou životnost baterie a nutnost její kontroly. Tento argument musím respektovat, i když si myslím, že 5 letá životnost baterie těchto měřičů tepla je dostatečně dlouhá doba. Požadavek jsem respektoval a provedl návrh přívodního kabelu a napájecího zdroje v rozvaděči.

Nové měřiče tepla jsem tedy navrhl s napájením 230 V a s komunikačním rozhraním M-BUS a možností dálkového odečtu. Informace o navržených měřičích by měly být zaslány profesi ÚT, která má na starost jejich dodávku. Do rozpočtu MaR byla pouze přidána karta pro napájení 230V měřiče tepla s potřebným kabelem. Pro názorný příklad instalace vodoměru a jeho zapojení jsem zakreslil Obr. 11: Příklad instalace měřiče tepla a jeho připojení.



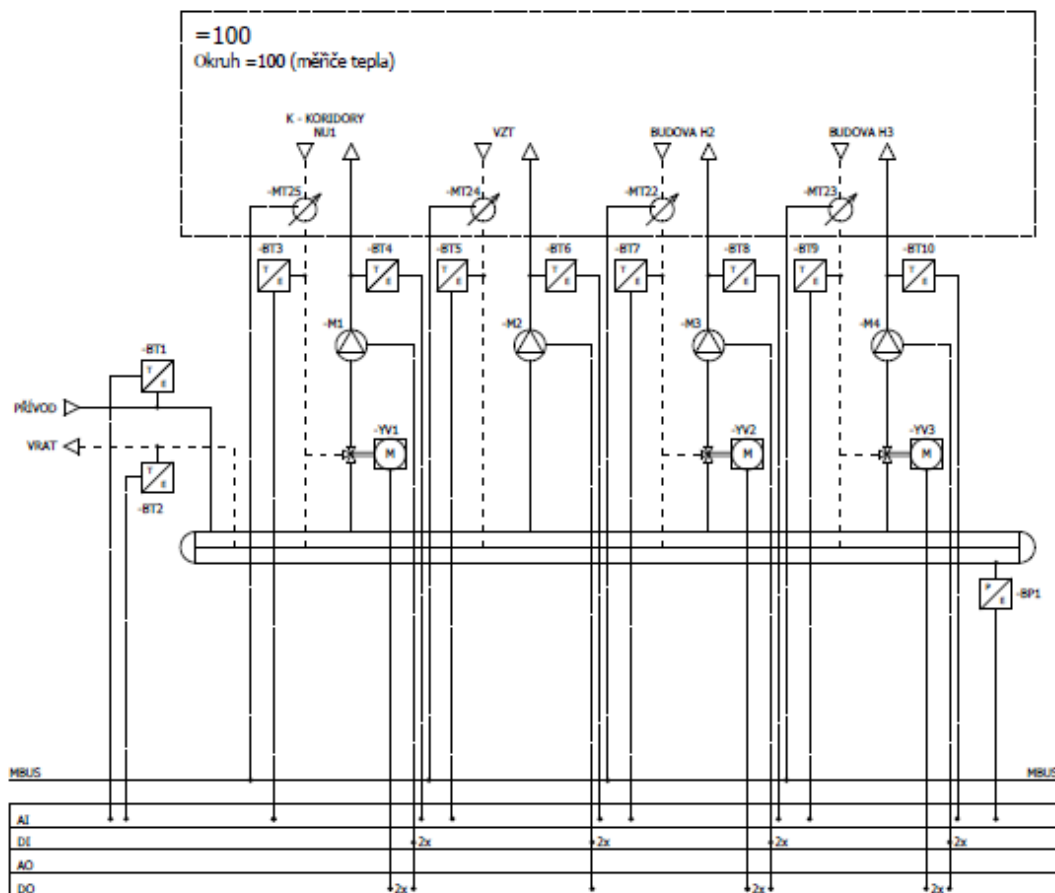
Obr. 17: Příklad instalace měřiče tepla a jeho připojení

4.6 Návrh nového řešení MaR

4.6.1 Návrh polní instrumentace

Projekt Energetický management zdravotnického zařízení navazuje na projekt Směšovací uzly ÚT a VZT na patách objektů. V něm jsou zakresleny regulační stanice společně s uvažovanými prvky polní instrumentace. Projekt Směšovací uzly ÚT a VZT na patách objektů také udává parametry jednotlivých regulačních uzlů, na základě kterých, jsem navrhl osazení požadovaných snímačů polní instrumentace. Veškeré prvky, které jsou potřeba dodat a také zajistit jejich napájení a komunikaci s řídicím systémem jsou zakresleny ve Schématu regulace jednotlivých budov.

REGULAČNÍ OKRUHY =200 (vytápění), =100 (měřiče tepla)



Obr. 18: Příklad rozkreslení schématu regulace (Budova H3)

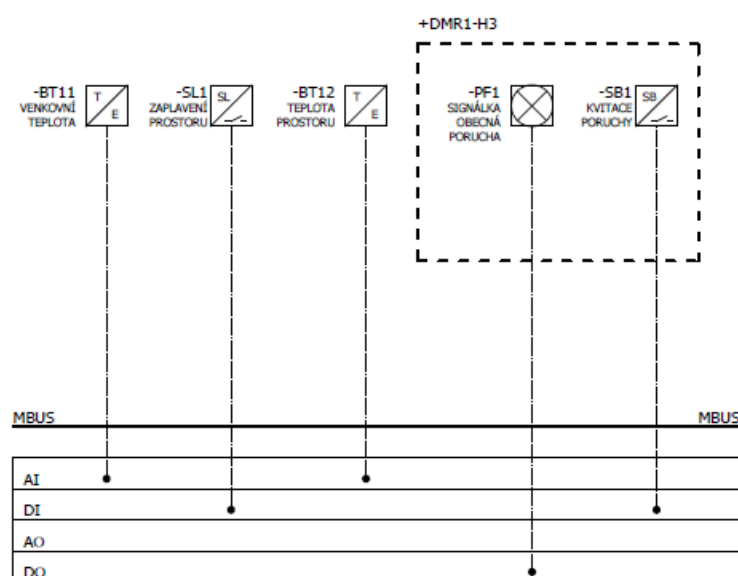
Jak je zřejmé z obrázku č. 18, většina regulačních stanic se skládá z přívodu a vratu teplé užitkové vody a rozdělovače / sběrače, ze kterého vychází jednotlivé větve rozvádějící TUV po celém objektu, popřípadě i do jiných objektů. Na přívodu a vratu TUV jsou navrženy teplotní čidla. Snímače teploty jsou navrženy jako příločné s plastovou hlavicí, které jsou pro zdejší potřeby dostačující. Rozsah těchto snímačů je 0÷100°C. Stejně typy snímačů jsou navrženy i na jednotlivých větvích vycházejících případně vcházejících do rozdělovače / sběrače. Na každém rozdělovači / sběrači je umístěn snímač tlaku, který udává, pod jakým tlakem je voda v regulační stanici. Na základě tohoto může dojít k odhalení případných poruch na vedení. Ke snímači tlaku je navržen i návarek, do kterého bude vložen.

Na vybraných větvích (dle projektu Zaregulování topného systému objektů) se nachází trojcestné směšovací ventily. Některé jsou stávající a některé jsou dodávkou profese ÚT. Profese MaR zajišťuje pouze napájení a ovládání těchto ventilů. Napájení a ovládání se také týká přítomných čerpadel, která jsou také umístěna na větvích vedoucích z rozdělovače. Tato čerpadla jsou opět dodávkou profese ÚT.

Součástí každé větve je také měřič tepla. Jak již bylo zmíněno v kapitole 4.5.4 *Měřiče tepla* tyto měřiče, jsou dodávkou profese ÚT. Profese MaR zajišťuje dodání napájecí karty 230 V pro tyto měřiče, jejich napájení a zapojení pomocí komunikační sítě M-BUS.

Dalšími prvky polní instrumentace, které byly navrženy, jsou prvky pro zabezpečení regulační stanice. Patří sem teplota prostoru, která slouží k signalizaci při jeho přehřátí, venkovní teplota, která snímá, jestli není venku teplota pod bodem mrazu a snímač zaplavení prostoru. Ten snímá poruchu v případě, kdyby začala z regulační stanice unikat voda. Dalšími prvky, které už tak úplně nepatří do části polní instrumentace, je signálka na dveřích rozvaděče, která signalizuje poruchu, a tlačítko potvrzení poruchy, které je umístěno taktéž na dveřích rozvaděče a umožňuje reset systému po případné poruše stanice a její následnou opravu.

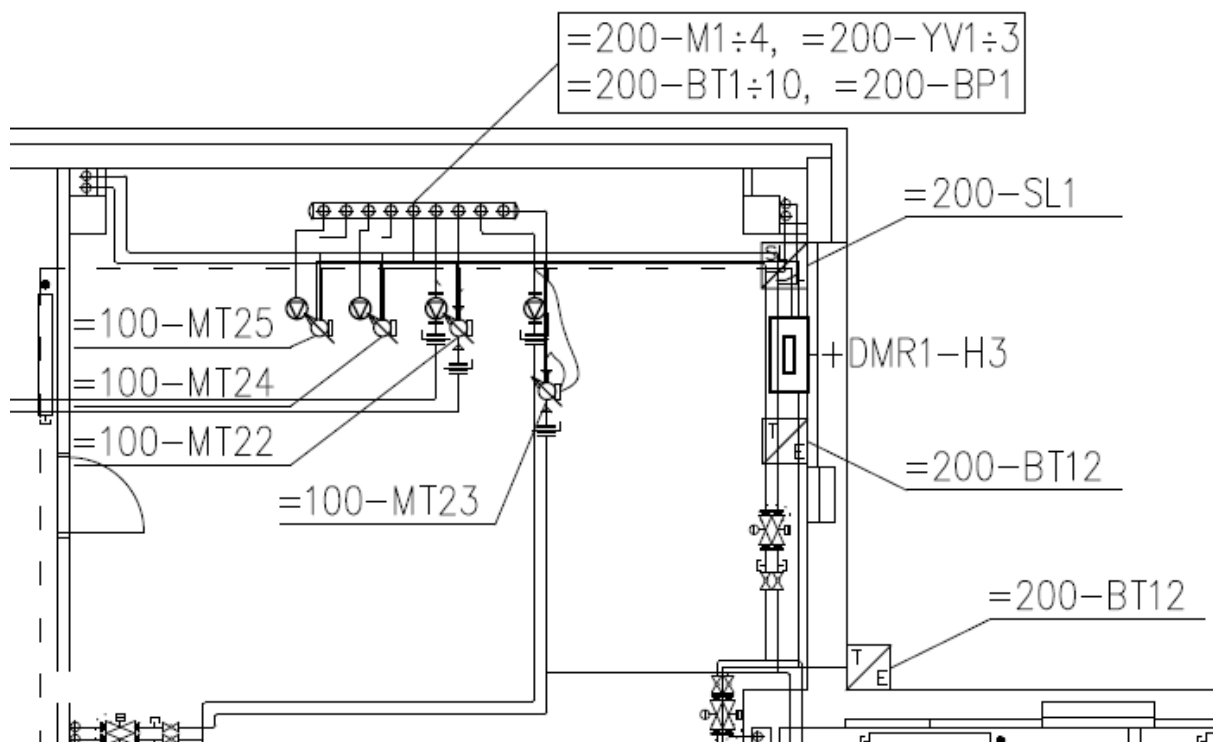
REGULAČNÍ OKRUHY =200 (zabezpečení regulační stanice)



Obr. 19: Příklad rozkreslení schématu regulace - zabezpečení regulační stanice (Budova H3)

4.6.2 Návrh rozvaděčů

V budovách, kde se nachází regulační stanice s měřiči tepla a polní instrumentací bylo zapotřebí navrhnout nové rozvaděče, které by měly být umístěny co nejbližee regulačních stanic, aby kabeláž, která bude použita pro napájení komponentů, byla co možná nejkratší.



Obr. 20: Umístění rozvaděče +DMR1-H3 v místnosti regulační stanice

Rozvaděče jsou navrženy o rozměrech 2000x800x400 (VxŠxH), jedná se tedy o stojanový skříňový rozvaděč. Tyto rozměry jsem zvolil po domluvě s investorem pro případ budoucího rozšíření technologie. Nyní budou v rozvaděčích velké rezervy (až 50 %), ale při případném dovybavení rozvaděčů o další komponenty, nebude zapotřebí měnit skříň za větší.

Každý z rozvaděčů bude vyzbrojen hlavním vypínačem, zdrojem 230VAC / 24VDC, transformátorem 230VAC / 24 VAC, jistíci obvodu zdroje, jistíci a ovládacími obvody, přepěťovou ochranou T2+T3, svorkovnicemi pro připojení pohonů a polní instrumentace, signálkou a potvrzovacím tlačítkem. Součástí rozvaděčů budou také řídicí systémy, které se skládají z kompaktního IoT regulátoru s komunikačním ovladačem M-BUS a rozšiřujících modulů pro vstupy a výstupy z polní instrumentace, ventilů a čerpadel. Vedle řídicího systému se v rozvaděčích bude nacházet také switch s 5 porty, který umožní propojení řídicího systému do centrální vizualizace. Na dveřích rozvaděčů se budou nacházet 10" operátorské panely, na kterých budou zobrazovány měřené veličiny společně s provozními a poruchovými stavy.

V budovách, kde se budou nacházet pouze dálkově odečítané měřiče (mimo měřiče tepla), není nutné napájet žádná zařízení, jen je zapotřebí realizovat propojení pomocí komunikační sběrnice M-BUS. Není tedy nutné navrhovat rozvaděče, postačující jsou zde pouhé nástěnné skřínky, které budou místo řídicího systému obsahovat pouze převodník M-BUS - Ethernet pro 5 zařízení. Data z tohoto převodníku budou přenášena až do centrální vizualizace. Skřínky budou dále vyzbrojeny hlavními vypínači, transformátory 230VAC / 24VAC, jistíci obvodu zdroje a jistíci a ovládacími obvody.

Tab. 7: Tabulka strojů a zařízení sloužící pro stanovení příkonu

Popis zařízení	Napájení		Poznámka
	Napětí [V]	Výkon [kW]	
Čerpadlo	230V	0,5	Stávající
Čerpadlo	230V	0,5	Stávající
Čerpadlo	230V	0,5	Stávající
Čerpadlo	230V	0,5	Stávající
Trojcestný směšovač	230V	0,01	Stávající
Trojcestný směšovač	230V	0,01	Stávající
Trojcestný směšovač	230V	0,01	Stávající

Pro určení celkového příkonu a tím i nadimenzování přívodního kabelu a zvolení hlavního jističe jsem využil tabulku strojů a zařízení. Do této tabulky jsem zapsal všechna zařízení, která jsou silově napájena z rozvaděče MaR. Sečetl jsem tedy celkový příkon všech zařízení, který je v *Tabulce 5* 2,03kW. Po přidání patřičné rezervy, která byla požadavkem investora z důvodu možného pozdějšího rozšíření technologie, jsem zvolil celkový příkon rozvaděče 4kW. Na takový příkon jsem pak zvolil hlavní jistič 20 A a přívodní kabel o průřezu 4 mm². Nutno podotknout, že přívod do rozvaděče je jednofázový.

Zvláštní případ nastal u objektu Regulační stanice zemního plynu, kde je v budově a jejím nejbližším okolí prostor s nebezpečím výbuchu. Na požádání jsem obdržel protokol o určení vnějších vlivů. Z protokolu jsem vybral důležité informace, které jsem sepsal níže.

Popis objektu: Jedná se o budovu s jedním nadzemním podlažím. Svislé konstrukce jsou zděné z cihel pálených s keramickým obkladem. Vodorovné konstrukce jsou z prefabrikovaných panelů. Okna jsou sestavena ze skleněných kopilitových kvádrů.

Určení vnějších vlivů: Vnější vlivy, které jsou z hlediska ČSN 332000-5-51 považovány za nebezpečné. *

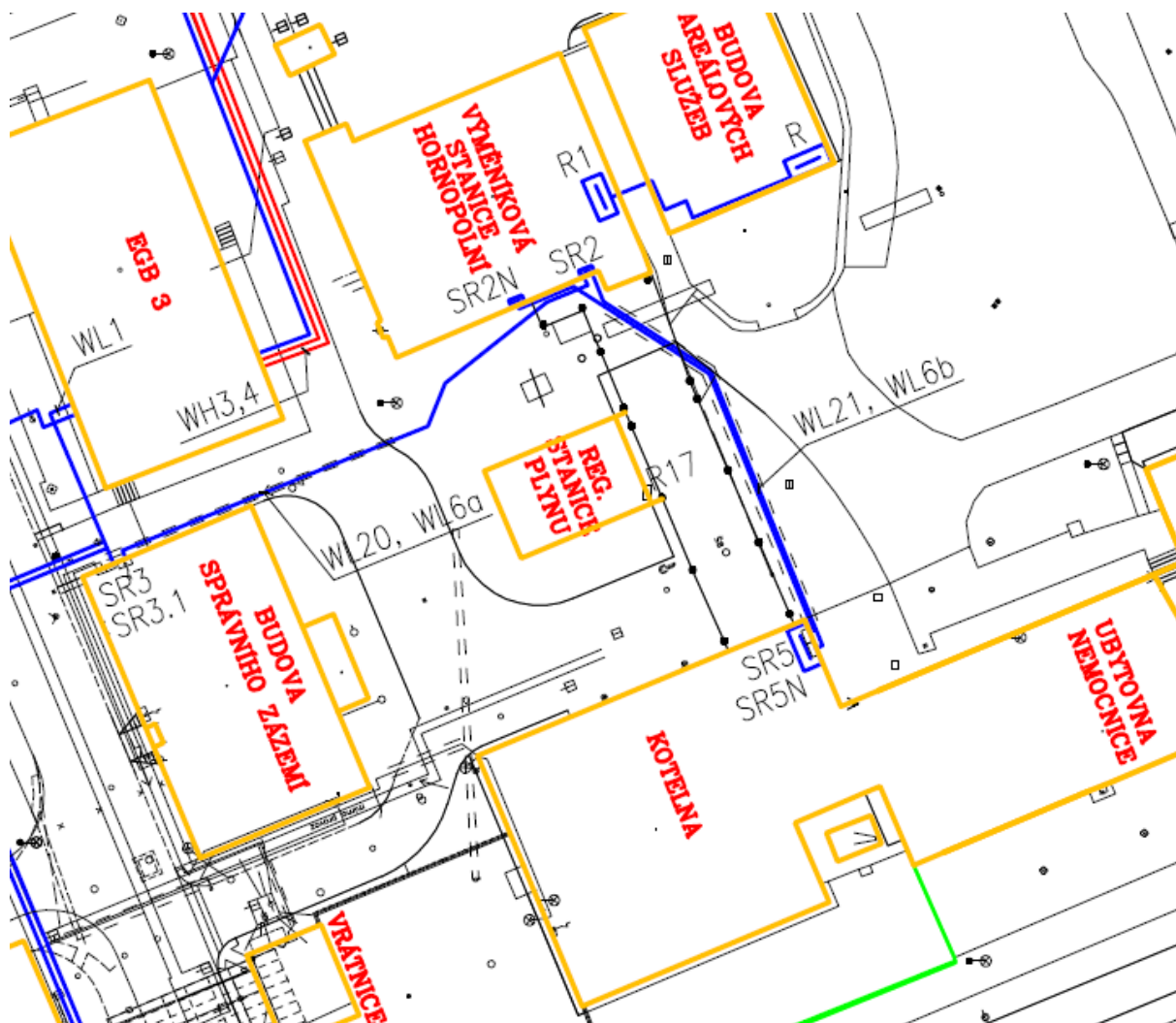
Zdůvodnění: A) Vchody, krytý energomost - Jedná se o prostor nechráněný před atmosférickými vlivy s nízkými i vysokými teplotami.

B) Místnost regulační stanice - Jedná se o prostory přístupné pouze osobám poučeným, kde se osoby obvykle nedotýkají cizích vodivých částí.

* Nebezpečí výbuchu hořlavých plynů je v zónách 1,5m od uzavíracích armatur a přírubových spojů.

Budova Regulační stanice zemního plynu je budova o malých rozměrech. Bohužel k ní neexistují žádné půdorysy. Ovšem dle obdrženého protokolu o určení vnějších vlivů a dle prohlídky této budovy bylo zřejmé, že rozvaděč nebylo možné umístit na žádnou stěnu regulační stanice, a to ani

z venku budovy. Musela být totiž dodržena vzdálenost 1,5m od uzavíracích armatur a přírubových spojů kvůli zóně s nebezpečím výbuchu, kterou udává norma ČSN 60079-14. Tato vzdálenost byla při měření na místě brána jako nevyhovující při umístění rozvaděče přímo na budovu. Rozvaděč byl tedy navrhnout k umístění na vedlejší budovu Výměňkové stanice H., kde je již požadovaná distance dodržena. [12]



Obr. 21: Umístění budovy Regulační stanice zemního plynu v areálu zdravotnického zařízení

Rozvaděč MaR bude vybaven bariérovým přepočítávačem, převodník Impulsy - M-BUS a převodník M-BUS - Ethernet. Tyto převodníky jsou zapotřebí pro zachování topologie projektu a umožňují připojení plynoměru do vizualizace a SW energetického managementu. Dále bude rozvaděč vybaven, stejně jako ty předešlé, hlavním vypínačem, transformátorem 230VAC / 24VAC, jistíci obvodu zdroje a jistíci a ovládacími obvody.

4.6.3 Návrh kabelových tras

Hlavní rozvody v budovách budou provedeny kabely:

CYKY - sloužících k napájení rozvaděčů a jednotlivých strojů a zařízení (ventilů, čerpadel a měřičů tepla). Tento kabel jsem zvolil, jelikož nebyl žádný speciální požadavek na napájecí kabel. Jedná se o standardní kabel, který se používá ve většině projektů s obecnými požadavky.

JYTY - sloužících k napájení snímačů polní instrumentace pomocí napětí 24 V (teplotních snímačů, snímačů tlaku a snímačů zaplavení). Opět standardní kabel, který se používá ve většině případech. Pro napájení prvků polní instrumentace jsem zvolil stíněnou variantu, tedy JYTY-O.

J-Y(st)Y - sloužících k propojení všech měřičů pomocí komunikace M-BUS (elektroměrů, plynůměrů, vodoměrů studené vody, vodoměrů kondenzátu a měřičů tepla). Tento kabel jsem zvolil z důvodu, že je vhodný pro použití ve sdělovací a komunikační technice. Kabel je stíněný.

FTP - sloužících k propojení řídicích systémů do místní sítě Ethernet. Jedná se o běžný kabel s celkově stíněnou fólií a s nestíněnými kroucenými páry, který se používá v místech, kde nebude docházet k častému ohýbání kabelu. Jelikož jsem uložení tohoto kabelu navrhl do trubek, je zde vhodné jeho použití.

Tyto rozvody budou uloženy ve vodorovných trasách v kabelových žlabech a ve svislých stoupacích trasách v kabelových žlabech a kanálech.

V technických místnostech budou kabely ukládány do drátěných kabelových žlabů, instalačních trubek a plastových instalačních lišt. V ostatních místnostech budou kabely vedeny pod omítkou nad podhledy, a to v drátěných kabelových žlabech a v instalačních trubkách.

Ukládání kabelů je v souladu s ČSN 33 2000-5-52 ed.2, Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52 Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení. Pro pohyblivé přívody ČSN 34 1090 ed.2 Elektrické instalace nízkého napětí - Předpisy pro prozatímní elektrická zařízení a ČSN 34 0350 ed.2 Bezpečnostní požadavky na pohyblivé přívody a šňůrová vedení. [13] [14] [15]

4.6.4 Návrh napojovacích míst

Pro napájení nových rozvaděčů MaR a nástěnných skříněk bylo zapotřebí vybrat vhodná napojovací místa. Jednalo se o vytipování stávajících rozvaděčů, které by mohly sloužit k tomuto účelu. Od části elektro, pracující v areálu zdravotnického zařízení, jsem obdržel seznam těchto možných rozvaděčů. Poté bylo nutné všechny rozvaděče zkontrolovat a zjistit, zda umožňují přidání nového jističe a z jakého přívodu jsou napájeny. Při dálkovém odečtu energií je totiž důležité, aby nedošlo k výpadku napájení řídicího systému obsaženého v rozvaděčích MaR. Ideálním řešením je jejich zálohování

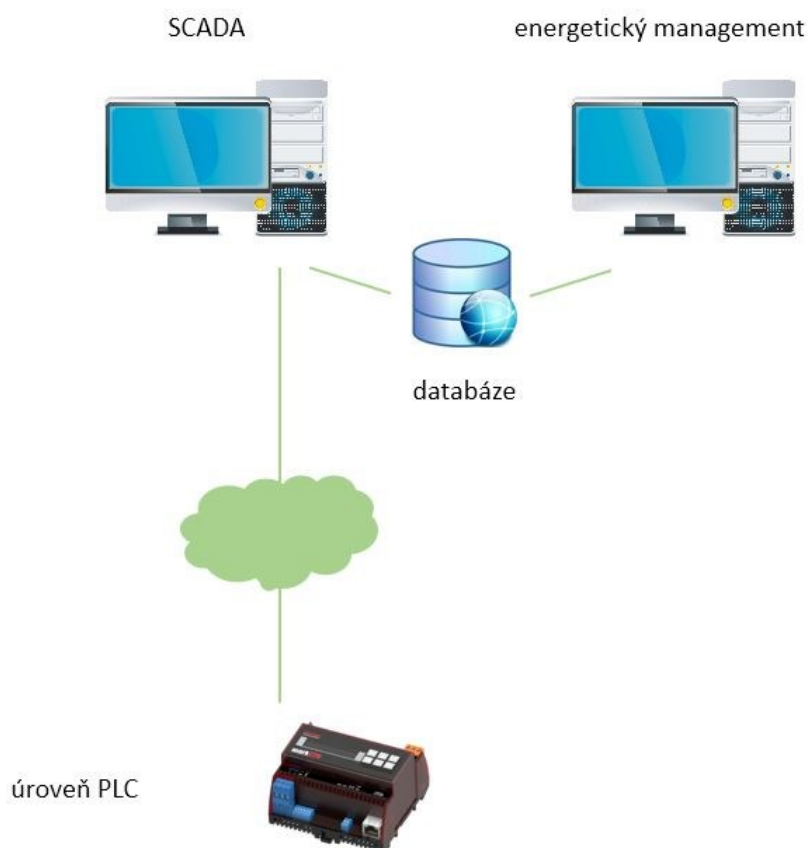
ze stávajícího dieselagregátu nebo instalace záložního zdroje s parametry 1400VA, 700 W se záložní dobou při 50% zátěži 10,78 minut.

Do stávajících napájecích rozvaděčů je navržen nový jistič, který chrání napájecí vývody pro rozvaděče MaR. Velikosti jističů byly zvoleny individuálně podle celkových příkonů jednotlivých rozvaděčů. V rozpočtu pak bylo uvažováno s úpravou stávajícího rozvaděče, která bude zapotřebí pro doplnění tohoto jištění.

4.7 Centrála Energetického managementu a MaR

4.7.1 Koncepce systému MaR

Řešení systému MaR je založeno na modulárním programovatelném řídicím systému komunikujícím po sběrnici s následným připojením na centrální vizualizaci.



Obr. 22: Blokové schéma vizualizace a energetického managementu

Stávající centrální vizualizace musí být rozšířena o potřebné softwarové licence. Centrální server MaR musí být doplněn softwarem pro skriptování a vytváření algoritmů komunikace s převodníky M-BUS – Ethernet.

Vlastnosti řídicího systému uvažovaného v rámci tohoto projektu:

- Vydávání příkazů a získávání informací prostřednictvím přípojných ovládacích jednotek.
- Činnost samostatná nebo v síti.
- Komunikace s dalšími podstanicemi prostřednictvím systémové sběrnice BACnet MS/TP, BACnet IP nebo BACnet Ethernet.
- Podpora komunikačních protokolů M-bus, LON, FOX, Modbus, SNMP a C-bus.
- Modulární konstrukce dovolující libovolnou konfiguraci podstanice.
- Zpracování alarmů.
- Záznam trendů.
- Časové programy činností.
- Připojení Wifi, USB, 2x RJ45, 2x RS485.
- Dostatečná výpočtová a archivační kapacita – min. 1GB DDR3 SDRAM, CPU 1000MHz, uložení 4GB (odnímatelná SD karta).
- Podpora IoT.

Úlohou projektovaného řídicího systému je zabezpečit:

- Spolehlivý a bezpečný provoz technologií objektu.
- Automatický provoz s minimálními nároky na stálou obsluhu a údržbu.
- Minimalizování spotřeby energií optimalizací řízení provozu objektu.
- Zobrazení měřených veličin a provozních a poruchových stavů.
- Archivování vybraných veličin.
- Zobrazování a archivace havarijních hlášení.

Systém MaR je řešen jako autonomně decentralizovaný systém s použitím ŘJ přiřazených jednotlivým regulovaným soustavám a technologiím objektu tak, aby v případě výpadku jakékoli části

systému MaR byla zachována plnohodnotná funkce ostatních částí systému a nebyl výrazně narušen provoz objektu.

Jedná se o rozšíření stávajícího systému MaR/BMS zdravotnického zařízení, a to z důvodů zejména minimalizace budoucích provozních nákladů. Systém MaR/BMS zdravotnického zařízení je založen na řídicím systému firmy Honeywell a pro zachování kompatibility a efektivity předchozích investičních celků je nutná dodávka plně kompatibilních komponent systému MaR/BMS navazujících na stávající instalace MaR/BMS.

Pokud by se projektant chtěl dozvědět více o standardizovaném komunikačním protokolu BACnet, který se používá pro automatizační a řídicí systémy budov, mohu mu doporučit knihu *Automatizované systémy budov - Sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet* od pánů Hermann Mertz, Thomas Hansemann a Christof Hubner, kde se dozví o oblasti využití, základní koncepci a komunikační architekturu tohoto protokolu.

4.7.2 Vizualizace

Jakožto projektant, jehož obor je projektování elektrických zařízení, nejsem zbyhlý ve tvorbě vizualizace. Mnoho projektantů, co znám, tuto tvorbu také neumí. Proto se v této části dokumentace povětšinou nachází pouze požadavky, které projektant zadá osobě, která následně vizualizaci vytvoří v nějakém z vizualizačních softwarů. Stejně tomu tak bylo i v mém případě. Text, který jsem sepsal v rámci projektu a který je i součástí této diplomové práce, jsem vložil do technické zprávy. Po přečtení technické zprávy je pak profese, která bude zajišťovat rozšíření stávající vizualizace, seznámena s obecnými požadavky, které souvisí se zachováním stávajícího systému. Dále je pak programátor, po přečtení technické zprávy, obeznámen se stávajícím systémem.

Veškeré požadavky na vizualizaci, jejichž seznam jsem sepsal níže, jsem zadal tak, aby vizualizace odpovídala novodobým technologickým možnostem. Často se stává, že vizualizace neodpovídá svým vzhledem dnešním trendům (používání výrazných barev, grafické animace apod.). Stále bývají použity zastaralé grafické prvky, a právě tyto požadavky by měly zabránit zastaralému vzhledu. Požadavky však poukazují nejen na grafickou stránku, ale i na zpracování výstrah, řízení přístupu, zálohování apod.

V rámci této části projektu bude rozšířena licence centrální vizualizace Honeywell v současné době provozované na stávajícím serveru, který tak nevyžaduje další rozšíření. Stávající centrální vizualizace zůstává v provozu. Potřebné práce na doplnění jednotlivých obrazovek pro připojované objekty jsou součástí samostatných částí dokumentace.

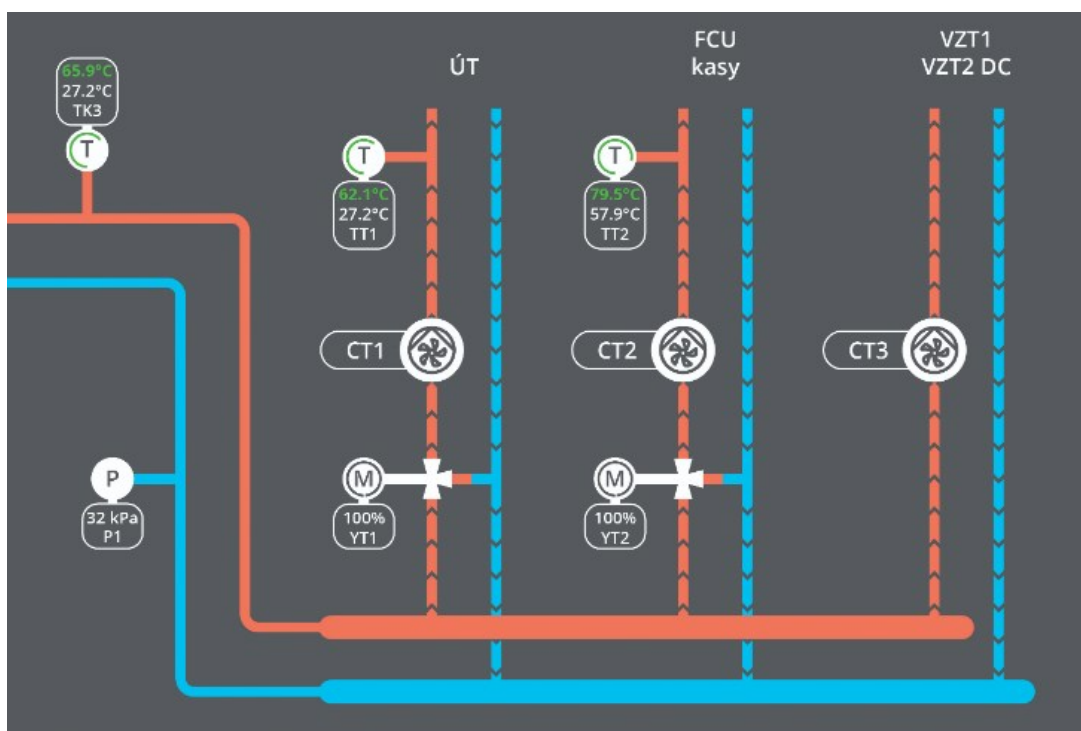
Řídicí systém MaR bude v rámci projektu připojen k nejbližší datové zásuvce nebo k datovému rozvaděči definovanými jako připojovací místa ze strany zdravotnického zařízení. Dále pak je po přenosových cestách (není součástí této projektové dokumentace) připojen na stávající dispečink BMS správy zdravotnického zařízení. Monitorovací systém bude plně integrovat veškeré monitorovací, ovládací, alarmové a archivační funkce instalovaného řídicího systému MaR a zajistí tak jeho plnohodnotnou integraci a funkčnost.

Vzdálená správa bude umožněna z kteréhokoliv počítače v síti zdravotnického zařízení (po autentizaci uživatele). Pro plnou implementaci tohoto rozšíření do stávajícího systému BMS budou vytvořeny nové vizualizační obrazovky BMS, popř. upraveny stávající.

MaR zajistí připojení klíčových prvků systému MaR (převážně jednotlivých vstupně / výstupních regulátorů a M-bus měřičů) na sběrnici BACnet. K přenosu dat z MaR regulátorů bude vytvořena komunikační sběrnice BACnet IP, která bude napojena do monitorovacího systému BMS (není součástí tohoto projektu). Zde bude provedena archivace, vizualizace a vyhodnocení monitorovaných dat.

Pro potřeby externího energetického managementu bude na server nainstalován OPC server Honeywell, který bude nakonfigurován pro vyčítání dat ze stávajícího serveru Honeywell EBI. V Honeywell EBI a OPC serveru budou povoleny veličiny (tagy) pro čtení dat, předpokládá se interface OPC DA2.0. Interface historian - HDA bude povolen také.

Realizátor externího energetického managementu nainstaluje a nakonfiguruje OPC klienta, který bude online vyčítat data z OPC serveru. OPC klient poběží jako služba Windows a bude přenášet data do externího datového skladu, nad kterým bude probíhat externí energetický management. K těmto krokům je nutná součinnost administrátora stanice (serveru) a Honeywell software.



Obr. 23: Ilustrační obrázek vizualizace regulační stanice [23]

Požadavky na centrální vizualizaci, které jsem zadal programátorovi:

- Samostatné obrazovky pro každou z řízených technologií BMS

- Samostatné obrazovky s půdorysy jednotlivých pater objektů se zakreslením jednotlivých zařízení BMS s možností jejich nastavení
- Obrazovky pro prohlížení historických trendů měřených hodnot
- Obrazovky pro nastavování časových plánů
- Obrazovky pro sumy z měřičů energií včetně exportů dat do tabulkového procesoru – pro potřeby energetika zdravotnického zařízení

Nové obrazovky vizualizace budou zpracovány pro plný přístup přes webové rozhraní, tak aby je bylo možné ovládat z tabletu nebo smartphone z web prohlížeče.

Požadavky na vizualizaci, které jsem zadal programátorovi:

1. Grafika

- dynamická barevná grafika
- zobrazení a ovládání
- hierarchické propojení zobrazení
- sběr dat v reálném čase
- souběžné zobrazení několika grafik na jedné obrazovce
- dynamické křivky trendů

2. Zpracování výstrah

- monitorování výstrah a stavu
- barevně kódované zobrazení výstrah s informačním textem
- zpracování chybových hlášení v reálném čase
- volby výběru a třídění pro souhrn výstrah
- statistika chybových hlášení
- potvrzení chybového hlášení

3. Řízení přístupu

- identifikace uživatele
- předepsané oprávnění přístupu pro všechny uživatele
- automatická funkce odhlášení
- šifrovaná hesla a zabezpečení

4. Zálohování

- nepřerušný záznam všech systémových dat
- velikost databáze pro zálohování bude limitována pouze velikostí disku
- bude provedeno zálohování všech proměnných
- minimální doba zálohovaných dat - 3roky

5. Časový rozvrh

- automatická oprava přechodu na letní čas
- automatická funkce pro přestupný rok
- týdenní a alternativní časové programy
- synchronizace systémového času

6. Prohlížeč trendů

- dynamické křivky trendů
- grafické zobrazení a hodnocení hodnot a protokolů trendů online
- provozování na základě standardních operačních systémů
- export hodnot do jiných aplikací, tabulkových procesorů

7. Prohlížeč událostí

- sběr a ukládání všech událostí, ke kterým v systému dojde (systémový deník)
- chronologický sběr dat událostí v systému při zadání data, času, provedeného příkazu a příslušného uživatele
- záznam událostí a příkazů
- přehledně uspořádané zobrazení dat událostí.

4.7.3 Externí energetický management

Stejně, jako tomu bylo i u vizualizace, jsem definoval požadavky i na externí energetický management, který bude zajišťovat opět jiná profese. Proto jsem do technické zprávy opět sepsal text, který definuje, jak by měl být externí energetický management proveden. Veškeré požadavky, ještě předtím, než jsem je zadal, byly projednány s investorem.

Energetický management bude realizován externě jako placená služba. Bude provozován na serverech poskytovatele služby. Externí energetický management bude pracovat nad daty získávanými prostřednictvím OPC klienta, který bude připojen k OPC serveru ve zdravotnickém zařízení, v tzv. agregacích (například týdenní, měsíční, roční sumy energií, týdenní průměrné teploty apod.). Průzkum podrobných dat bude potřebný pouze v případě analýzy a řešení neshod. Bude probíhat monitoring a vyhodnocování ve zvolených hranicích (nejprve významné spotřebiče energií, v budoucnu i méně významné) energetického managementu, a to pro zvolené energie a média v časových periodách (např. týdně, měsíčně, ročně.). Budou probíhat pravidelné kontroly podle nastavených kritérií (např. energie vztažené na denostupně, vytápěnou plochu, počet osob apod. ...). Energie budou kontrolovány v nastavených limitních mezích. Systém bude určen pro realizaci energetického managementu a pro energetického manažera, případně dostupný pro management zdravotnického zařízení. Pomocí tohoto systému bude energetický manager moci kontrolovat a odhalovat příčiny případných neshod a ty řešit s dispečinkem a provozem. Cílem je kontrola, optimalizace a snižování energetické náročnosti. Tato část bude sloužit i pro ověřování dotačních titulů.

Parametry externího energetického managementu:

- WEB client
- Agregace nad daty minimálně den, týden, měsíc, rok
- Definice kritérií, limitů, podmínek (časové a vzájemně závislé)
- Výpočty nad daty bez i s podmínkami
- Prezentace dat – pohledy/sestavy uživatelsky nastavitelné
- Tabulky a grafy časové a XY závislé uživatelsky nastavitelné
- Komentování tabulek a grafů uživatelem
- Export dat z pohledu
- Lokální archivace dat a pohledů/sestav

5 Vypracování technické zprávy a ostatních dokumentů projektové dokumentace

V této kapitole jsem popsal všechny dokumenty, které jsou součástí projektové dokumentace. Dokumentace byla vypracována pro každou budovu, ale jelikož jsou si tyto dokumenty velmi podobné, do přílohy diplomové práce jsem vyhotovil pouze dokumentaci pro budovu H3 - Klinické onkologie, ORL, kožní.

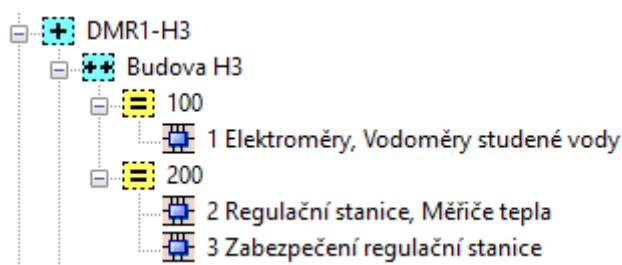
Součástí příloh jsou i dokumenty, které byly zmiňovány v průběhu diplomové práce, ze kterých jsem čerpal při vypracování projektu.

5.1 Technická zpráva

Technická zpráva je jedním z nejdůležitějších dokumentů. Je to stěžejní dokument, ve kterém jsou popsány všechny informace, které je nutné znát pro realizaci projektu. Každá technická zpráva pro jednotlivé budovy má stejnou úvodní „hlavičku.“ Zde jsou popsány všeobecné údaje o projektu (jeho název, investor apod.). Dalšími úvodními částmi jsou popisy toho, co je cílem projektu, co tvoří jeho hranice a podklady, které byly použity při tvorbě projektové dokumentace. Všechny tyto části mají za úkol prvotní seznámení se s projektem pro někoho, kdo o projektu nemá žádné informace a do rukou se mu dostane právě technická zpráva. Popsání hranic projektu je důležité také proto, aby si jednotlivé profese důkladně rozdělily své úkoly a nestalo se pak, že budou některé úkony při realizaci projektu opomenuty.

Za jednotlivými body technické zprávy, které byly popsány v prvním odstavci, se nachází seznam norem, ze kterých se při tvorbě projektu vycházelo a které musí být dodrženy i při realizaci projektu. Jelikož se normy často aktualizují, je pod každým seznamem norem dopsáno: „*Uvedené normy jsou vždy brány včetně všech změn a oprav vydaných k danému datu. V případě, že u některých norem dochází k souběhu platnosti, doporučuje se postupovat dle normy novější.*“ Tento dodatek je důležitý s ohledem na případnou prodlevu mezi odevzdáním projektové dokumentace a realizací projektu.

Dalším bodem technické zprávy je technické řešení. Tento bod se již pro jednotlivé budovy liší. Jsou zde popsány parametry pro přívod rozvaděče MaR (rozvodná soustava, bilance spotřeby elektrické energie) a vlastnosti řídicího systému, který se bude nacházet v jednotlivých rozvaděčích. Dalšími body, které se nachází v této části technické zprávy, jsou popisy jednotlivých okruhů, které se dělí na okruh =100 a okruh =200. V okruhu =100 se nachází všechny měřiče energií. V jednotlivých technických zprávách jsou pak vypsány ty měřiče, které se v konkrétní budově nachází a které budou v rámci projektu vyměněny. V okruhu =200 je pak popsána regulační stanice, pokud se v budově nachází.



Obr. 24: Výřez ze stromu struktur Eplanu naznačující dělení okruhů

Dalším bodem, který je pak pro každou technickou zprávu stejný, jsou požadavky na vizualizaci. Tyto požadavky jsou v rozsáhlejší podobě popsány v kapitole 4.7.2 *Vizualizace*. V technické zprávě jsou stručně popsány základní požadavky definované projektem, aby programátor či projektant mohl realizovat vlastní vizualizaci energetického managementu.

V dalších částech se nachází popisy jednotlivých rozvaděčů a jejich vybavení a návrh kabelových tras. Tyto části byly popsány v kapitolách 4.6.2 *Návrh rozvaděčů* a 4.6.3 *Návrh kabelových tras*.

Poslední body, které se v technické zprávě nachází definují bezpečnost práce a také kvalifikaci montážních pracovníků a pracovníků údržby, kteří pak následně budou jednotlivé technologické části v budovách obsluhovat. Tato sepsaná část je tedy určena převážně pro ty, kteří se budou podílet přímo na realizaci stavby.

5.2 Půdorysy

Jak již bylo zmíněno v kapitole 4.2 *Vstupní podklady*, tak mi nebyly dodány půdorysy ke všem objektům. Je to dáno tím, že některé budovy jsou již značného stáří a jejich stavební podklady jsou již nedohledatelné. V těchto případech, kde došlo k takovému problému, jsem byl nucen odhadnout vzdálenosti potřebné kabeláže pouze podle skutečných prohlídek objektů. Dále bylo v těchto případech zapotřebí, abych umístění veškerých nových zařízení důkladněji popsal v technické zprávě, aby bylo zřejmé i bez půdorysů, kde se zařízení budou nacházet. U budov, od kterých jsem půdorys obdržel, je vždy zakreslena pozice rozvaděče, pozice jednotlivých měřičů a zařízení MaR, které byly v rámci projektu navrženy, a také trasy jednotlivých kabelových tras.

V půdoryse budovy H3, který je obsažen v přílohách diplomové práce, je zřejmé, že řešené prvky jsou zakresleny v jiné grafické hladině (grafické čáry jsou tučnější). Je to z důvodu, aby bylo na stavbě zřejmé, o které prvky se konkrétně jedná. Dále je pak patrné rozdělení kabelových tras na ty, které jsou určené ke komunikaci měřičů (čerchované čáry) a na ty, které jsou určeny k napájení (plné čáry). Opět je to dáno tím, aby při prohlížení půdorysu byla lepší orientace v jednotlivých řešených částech.

5.3 Schéma regulace

Dalšími dokumenty, které byly vyhotoveny v rámci projektové dokumentace, jsou schémata regulace. V nich se nachází veškerá zařízení, která jsou připojena do řídicího systému buď po komunikaci, nebo po proudových smyčkách či binárními signály. Schéma regulace je vždy rozděleno na měřicí zařízení a na regulační stanici společně s jejím zabezpečením. Díky schématu regulace byl pak navržen konkrétní řídicí systém pro každou budovu. Ze schématu regulace je totiž patrné, kolik se v budově nachází měřicích zařízení, které disponují komunikačním rozhraním, a kolik je zde zapotřebí datových bodů (digitální vstupy, analogové vstupy, digitální výstupy a analogové výstupy) pro řídicí systém. Příklad zakreslení schématu regulace a jeho popsání můžeme vidět v kapitole 4.6.1 *Návrh polní instrumentace*.

5.4 Seznam měřičů

Jedná se o tabulku, ve které jsou na jednotlivých listech zapsány jednotlivé druhy měřičů médií a energií, které se v konkrétních budovách nachází. U každého měřiče jsou zapsány parametry, na základě kterých, jsou pak navrženy nové měřiče.

5.5 Seznamy MaR

Seznamy MaR je tabulkový soubor, který následně sloužil k „nacenění“ projektu. Na jednotlivých listech jsou pak umístěny jednotlivé seznamy. Na prvním listě tabulky se nachází seznam polní instrumentace. V něm jsou zapsána všechna čidla a snímače, které jsou v jednotlivých budovách navrženy. Jedná se převážně o zařízení, která jsou doplněna v rámci vyhotovení regulačních stanic. Dalším listem je seznam strojů a zařízení. Zde jsou zapsána zařízení, která jsou silově napájena a na základě kterých je pak zvolen celkový příkon rozvaděče. Další částí seznamů MaR je seznam datových bodů. Ten vychází již ze zmiňovaného schématu regulace a jsou v něm zapsány všechny datové body společně s přesným popisem signálu a komunikace jednotlivých zařízení. Posledním listem v tomto seznamu je pak seznam kabelů. V něm jsou zapsány délky jednotlivých kabelů, které byly naměřeny z půdorysu a na základě kterých je provedena kalkulace nákladů na celkový počet kabelů.

5.6 Výkaz výměr

Jedná se o neoceněný rozpočet, který slouží k výběru dodavatelů a realizátorů stavby. Ve výkazu výměr se nachází veškeré prvky, které jsou dodávkou profese MaR, a také veškeré pracovní úkony, které jsou zapotřebí, aby mohly být sledovány během realizace projektu. Společně s technickou zprávou se jedná o nejdůležitější dokument, na základě kterého, je určena celková cena stavby.

5.7 Obdržené podklady přiložené v přílohách

- Pasportizace měření neel.xlsm - jedná se o tabulku všech odečítaných vodoměrů a měřičů tepla, na základě které byly určeny ty měřiče, které měly být v rámci projektu vyměněny za měřiče s možným dálkovým odečtem.
- 2018_Op_Elm (01).xlsm - tabulka pro ruční odečty elektroměrů, na základě které byly určeny ty elektroměry, které měly být v rámci projektu vyměněny za elektroměry s možným dálkovým odečtem.

6 Metodika postupu při tvorbě projektu Energetický management budov

Diplomová práce Energetický management budov je koncipována jako případová studie. Součástí diplomové práce je obecný postup pracovních úkonů. Jedná se o jakousi metodiku pracovního postupu, který je nutný pro vypracování projektu energetického managementu.



Obr. 25: Metodika postupu práce při tvorbě projektu

Při tvorbě projektové dokumentace bych začal zajištěním vstupních podkladů. Tato část je důležitá, aby projektant získal celkovou představu o areálu, případně o jednotlivých budovách. Z půdorysů, které mu jsou obvykle poskytnuty, lze vyčíst, kde by se mohly nacházet elektroměry (místnosti rozvoden), měřiče tepla (rozvody ÚT), vodoměry (paty budov v místech přírodního potrubí), apod. Součástí podkladů mohou být i tabulky, které sloužily k písemnému odečtu. Z těchto tabulek je pak možné vyčíst přesný počet měřicích zařízení, což projektantovi ulehčí práci při lepší orientaci v neznámém prostředí. Důležitým prvkem je pečlivé nastudování obdržených podkladů a co možná časově nejúspornější rozložení si práce při prohlídkách jednotlivých částí areálu. V projektu, který je řešen v rámci diplomové práce, se nachází celkem 32 budov, ve kterých se nachází 55 elektroměrů, 2

plynoměry, 13 vodoměrů studené vody, 5 vodoměrů kondenzátu a 41 měřičů tepla. Jedná se tedy o velmi rozsáhlý projekt. Proto bych na začátek doporučil vytvořit si plán, podle kterého si vytvoříte pořadník návštěv jednotlivých budov či měřičů energií. Tento pořadník Vám umožní značnou úsporu času, jelikož budete procházet měřiče, které se budou nacházet vedle sebe a předejdete tak tomu, že byste se museli vracet přes celý areál. Při tvorbě takového plánu je vhodné vytvořit si rovnou tabulky všech měřičů, ve kterých si necháte volné kolonky pro zapsání informací, které zjistíte při návštěvách areálu. Tyto seznamy měřičů by měly být v takovém pořadí, v jakém jste si vytvořili již plán návštěv jednotlivých měřičů. Toto Vám pomůže při orientování se v tabulkách při zápisu zjištěných informací. Veškeré tyto tabulky a plány tedy doporučuji vytvořit si ještě před první návštěvou areálu.

Dalším důležitým krokem je právě zjištění skutečného stavu jednotlivých měřičů, napojovacích míst apod. Jelikož místa, kde se projekt uskutečňuje, nemusí být v blízkosti projekční kanceláře, každá taková návštěva na zjištění skutečného stavu, může celý projekt značně prodražit. Proto je důležité (jak je sepsáno v odstavci o nastudování si podkladů) si zjistit, jaké informace musí projektant získat, aby se nemusel na jedno místo vracet dvakrát či vícekrát. Nejlepší možností, kterou může projektant udělat, je všechno si důkladně nafotit. Z fotografií je pak možné získat informace, na které projektant přímo na místě zapomněl. Z prohlídky elektroměrů projektant potřebuje většinou zjistit, v jakém rozvaděči se konkrétně nachází (jeho přesné označení) a v jaké místnosti je. Dále by měl zjistit, zda se jedná o přímý elektroměr nebo nepřímý elektroměr, proud, na který je elektroměr navrhnout (bývá napsáno přímo na stávajícím elektroměru) a rozměry vodičů či šín, na kterých je elektroměr zapojen. Bez těchto důležitých informací je návrh nového elektroměru prakticky nemožný. Z prohlídky plynoměrů je důležitou informací jejich konkrétní typ, který je zapsán přímo na nich. Plynoměry povětšinou bývají ve vlastnictví dodavatele plynu. Není tedy až tak důležitá jejich prohlídka, jelikož návrh nového plynoměru, případně jeho rozšíření o požadovanou komunikaci zajistí přímo vlastník (dodavatel plynu), ale je především důležitá prohlídka jejich okolí. Při případném návrhu nového rozvaděče nebo připojovací skříňky musíte brát ohled na zóny s nebezpečím výbuchu. Vodoměry studené vody mohou být opět ve vlastnictví dodavatele vody. V tomto případě je nutné se obrátit opět přímo na dodavatele, tedy vodárenskou společnost, která zajistí výměnu za vodoměr s požadovanou komunikací pro dálkový odečet. U dalších vodoměrů pak projektant musí zjistit přesné umístění, průměr potrubí, na kterém se vodoměr nachází, tlakovou třídu vodoměru a tlakovou třídu nejbližší armatury. Tyto informace předá projektant většinou na technologa, se kterým pak může společně nové vodoměry navrhnout. Tyto stejné úkony pak provede i u vodoměrů kondenzátů. U měřičů tepla je většinou možné zjistit jejich konkrétní typ a na základě toho poté najít v příslušných katalogových listech výrobce potřebné parametry pro návrh nových měřičů tepla. Dalšími měřicími zařízeními, se kterými se projektant může setkat, jsou například měřiče průtoku páry. Zde je opět důležité si zjistit od technologa, jaké informace je na místě nutné získat, aby byl možný návrh nového řešení.

Při návrhu nového řešení je potřeba projednat s investorem jakým značkám měřičů se vyvarovat a k jakým se naopak přiklánět. Zde hraje důležitou roli převážně cena. Někdy ovšem na úkor ceny klesá také kvalita nových výrobků, proto je důležité argumentovat tak, aby bylo řešení výhodné ze všech hledisek. Při návrhu všech nových měřičů je důležité brát v potaz veškeré získané informace z původních zařízení a také, aby byly koncepčně vhodné do nově navrženého řešení. Všechna nová měřicí zařízení by měla mít stejné parametry, jako předchozí měřiče. U nových zařízení je pak navíc možnost odečítání po komunikační sběrnici M-BUS.

Při zjišťování skutečného stavu je také vhodné po konzultaci s tamním elektrikářem vytipování si míst, kde umístit nové rozvaděče, které budou sloužit k napájení (měřiče tepla 230 V) případně

ke sběru dat (bude v nich umístěn řídicí systém). Všechna tato místa by měla být schválena patřičnými osobami přímo z areálu či budovy. Důležité je také nechat si ukázat odkud je možné napájet tyto nové rozvaděče a také nechat si ukázat připojovací místa do místní sítě Ethernet, která pak umožňuje vytvořit vizualizaci odběrných míst a externí energetický management. Doporučuji také projednat možné vedení kabelových tras. Před tímto návrhem je nutné nastudovat si patřičné normy, které o této problematice pojednávají. Normy, které toto řeší, jsou vypsány v kapitole 4.6.3 *Návrh kabelových tras*.

Všechny tyto popsané úkony jsou důležité k vypracování projektové dokumentace, která řeší danou problematiku. Dalšími pracovními postupy jsou definování požadavků na centrální vizualizaci (pokud je požadována) a definování požadavků na externí energetický management. Na základě požadavků na centrální vizualizaci je pak programátor schopen vytvořit vizualizaci tak, aby byla v souladu s navrženým novým řešením. Zde by měl projektant definovat požadavky na grafiku, na zpracování výstrah, na řízení přístupu, na zálohování, na časový rozvrh, na prohlížeč trendů a na prohlížeč událostí. V tomto případě ovšem záleží, jestli jsou tyto definice požadovány po projektantovi, přesněji řečeno, jestli je má projektant definovat pro programátory. Toto se liší dle toho, co je přesně napsáno v projektové nabídce.

Další částí, která je v projektu zapotřebí, je definování požadavků na energetický management. Pokud bude energetický management realizován externě jako placená služba, je zapotřebí definovat, jak bude tento poskytovatel postupovat při sběru a vyhodnocování patřičných dat o odběrech energií. Cílem této služby by pak měla být kontrola, optimalizace a snižování energetické náročnosti. Definice parametrů na externí energetický management by měly být sepsány podle požadavků investora.

Na závěr pak provede nacenění celkového projektu, pokud je vyžadováno. Tuto pasáž doporučuji provést vícekrát nezávisle na předchozích výsledcích. Může se totiž stát, že se překliknete či špatně sečtete položky. V takovém případě může být odevzdaný špatný rozpočet velkým problémem. Proto je v tomto okamžiku kontrola velmi důležitá.

V této kapitole je tedy sepsána kostra toho, jak postupovat při realizaci projektové dokumentace. Jelikož se projekt od projektu může lišit, nejsou zde detailně popsány veškeré úkony, ale jsou zde vyzdvíženy hlavní pilíře, které jsou patřičné pro všechny projekty tohoto typu. Na základě nastudování kapitoly Metodika postupu při tvorbě projektu Energetický management budov je student či projektant schopen samostatně vyhotovit projekt týkající se této problematiky, aniž by měl předchozí zkušenosti s obdobným projektem.

Závěr

V první polovině diplomové práce se věnuji seznámit se s problematikou energetického managementu. Dále jsem se rámcově zabýval komunikací po sběrnici M-BUS a problematikou odečtu energií měřících zařízení. V této části nalezneme také popisy jednotlivých druhů měřících zařízení. Po absolvování této teoretické četby je dotyčná osoba seznámena se základními pojmy a dokáže se orientovat v problematice energetického managementu po teoretické stránce. Po nastudování první poloviny diplomové práce může student, případně projektant, přejít k úkonům, které jsou zapotřebí k vypracování projektu.

Jako vodítko budoucího projektanta pro vyhotovování projektu energetického managementu, je zde na ukázkou použit projekt, který jsem vypracoval v rámci této diplomové práce. Jedná se o projekt Energetický management zdravotnického zařízení, jehož cílem bylo navrhnout výměnu měřičů médií tak, aby byl umožněn jejich dálkový odečet. Dále byl součástí projektu návrh koncepce systému MaR a vypracování požadavků na centrální vizualizaci. Jeho výstupem je soupis požadavků a parametrů na externí energetický management. Vypracování projektu Energetický management zdravotnického zařízení bylo velmi časově náročné a zabralo mi asi 200 hodin. Proto v kapitole metodika práce nalezneme mnoho rad, které vedou především k časové úspoře při vypracovávání projektu. V projektu se potýkám s mnohými nečekanými problémy, na které hledám vhodná řešení. Na tato řešení pak navazuji v části obecná metodika práce, která je výstupem této diplomové práce. V této části jsem popsal veškerou problematiku, se kterou se může projektant či student při vyhotovování projektu setkat, a na základě sepsaných rad a poznatků je schopen tuto problematiku vyřešit.

Diplomovou práci jsem vypracoval dle oficiálního zadání, kterému odpovídá její koncepce. Všechny body zadání byly splněny. Přínosem této diplomové práce je jak sepsaná metodika práce, tak i teoretická část, která nás seznamuje s problematikou energetického managementu a dálkového odečtu měření energií. V České republice jsem obdobnou práci na toto téma nenašel, proto jsem se se svým vedoucím domluvil právě na tomto tématu. Diplomová práce by mohla být přínosem do budoucna pro ty, kteří se danou problematikou budou zabývat a budou chtít získat nové informace ohledně energetického managementu budov.

Seznam použité literatury

- [1] Energetický management a ISO 50001 [online]. [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <http://www.porsennaops.cz/projekty-a-sluzby/energeticky-management-a-iso-50001>
- [2] Energetický management budov [online]. [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/dokument/2195.pdf>
- [3] MACHÁČEK, Václav. *Elektrické přípojky z vedení distribučních soustav a připojování zákazníků*. Praha: IN-EL, 2010. Elektro (IN-EL). ISBN 978-80-86230-49-8. Str.138-147
- [4] *Plynoměry: umístování, připojování a provoz = Gas meters : location, installation and operation : TPG G 934 01 : schválena dne 21.11.2007*. Praha: GAS, 2007. Technická pravidla. ISBN 978-80-7328-095-6.
- [5] CHEJNOVSKÝ, Pavel. *Vodárenství - vodovodní sítě. Líbeznice: Medim, spol. s r. o., 2007*. ISBN 978-80-87140-04-8
- [6] Zákon č. 505/1990 Sb. o metrologii. In: Sbíрка zákonů. 17. 12. 1990.
- [7] 262/2000 Sb. Vyhláška, kterou se zajišťuje jednotnost a správnost měřidel a měření. *Zákony pro lidi - Sbíрка zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © [cit. 10.03.2019]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-262>
- [8] Měřiče tepla, měření tepla, měřáky na topení | INMES. *Měření tepla, měřiče tepla a vodoměry* | INMES Industry Measuring spol. s r.o. [online]. Copyright © INMES, spol. s r.o. [cit. 10.03.2019]. Dostupné z: <https://www.mereni-tepla.cz/mereni-tepla>
- [9] M-Bus. *M-Bus* [online]. Dostupné z: <http://www.m-bus.com>
- [10] M-BUS (Meter-Bus) - základní popis komunikačního protokolu | Automatizace.HW.cz. *Automatizace.HW.cz | Elektronika v automatizaci* [online]. Copyright © 1997 [cit. 10.03.2019]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/M-BUS-meterbus-zakladni-popis-komunikacniho-modelu>
- [11] PEŠEK, Bohumil. *Teplo: vytápění a teplá užitková voda: jejich regulace, měření a rozúčtování v bytových objektech*. Praha: ŠEL, 2002. ISBN 80-86426-07-6.
- [12] ČSN 332000-5-51 ed. 3 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení - Všeobecné předpisy
- [13] ČSN 33 2000-5-52 ed.2, Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52 Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení

- [14] ČSN 34 1090 ed.2 Elektrické instalace nízkého napětí - Předpisy pro prozatímní elektrická zařízení
- [15] ČSN 34 0350 ed.2 Bezpečnostní požadavky na pohyblivé přívody a šňůrová vedení
- [16] ČSN EN ISO 50001 Systémy managementu hospodaření s energií - Požadavky s návodem k použití
- [17] Elektroměry na desku - KARS. *Elektromotory, ventilátory - KARS* [online]. Copyright ©2013 KARS s.r.o. [cit. 31.03.2019]. Dostupné z: <https://www.kars-brno.cz/elektroinstalace/elektromery/elektromery-na-desku/>
- [18] *Kotelny, výměňkové stanice, regulace* | ESL a.s. [online]. Copyright © 2019 ESL, a.s. by [cit. 31.03.2019]. Dostupné z: <https://www.esl.cz/plynomer-gallus-2000-g4>
- [19] GMB 3/4" x 190 domovní vodoměr, Qn = 4,0 m³/h. *Voda, topení, plyn* | *kotelny-topeni.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.kotelny-topeni.cz/gmb-34-x-190-domovni-vodomer-mokrobezny-qn-2-5.htm>
- [20] MEIBES s.r.o. | Měřič tepla a chladu MULTICAL 603. *MEIBES s.r.o. | spolehlivé systémy pro kotelny* [online]. Dostupné z: <http://www.meibes.cz/ultrazvukove-merice-tepla-a-chladu-dalkovy-odecet/univerzalni-merice-tepla-a-chladu/meric-tepla-a-chladu-multical-603>
- [21] ASR 20.3 - Měřicí transformátor proudu s kruhovým otvorem | GHV Trading. *Měřicí technika a komponenty pro rozvaděče* | *GHV Trading* [online]. Copyright © 1991 [cit. 01.04.2019]. Dostupné z: https://www.ghvtrading.cz/rozvadecove-pristroje/transformatory-proudu/merici-nasuvne/asr20_3.html
- [22] M-Bus Documentation. *M-Bus* [online]. Dostupné z: <http://www.m-bus.com/mbusdoc/md5.php>
- [23] Grafická centrála Scada | Domat Control System. *Měření a regulace, energetický management* | *Domat Control System* [online]. Copyright © 2013 Domat Control System s.r.o.. All Rights Reserved [cit. 13.04.2019]. Dostupné z: <https://domat-int.com/o-systemu/graficke-centraly>

Přílohy:

Jak již bylo zmíněno v kapitole 6 *Vypracování technické zprávy a ostatních dokumentů projektové dokumentace* pro každou budovu byly vypracovány patřičné dokumenty, které se ovšem stále opakují. Proto jsou součástí příloh diplomové práce pouze dokumenty, které byly vyhotoveny pro budovu H3 - Klinická onkologie, ORL, kožní, a které slouží jako ukázka, jak jsou zpracovány i ostatní dokumenty.

Součástí příloh jsou i dokumenty, které byly zmiňovány v průběhu diplomové práce, a ze kterých jsem čerpal při vypracování projektu. Jedná se o podklady, které jsem obdržel, abych mohl projekt energetického managementu vypracovat. Na závěr je do příloh umístěna tabulka se seznamem všech řešených měřičů.

Seznam příloh:

001	Technická zpráva	počet stran:	9
002	Půdorys 1.PP	počet stran:	-
003	Schéma regulace	počet stran:	4
004	Seznamy měřičů	počet stran:	4
005	Seznamy MaR	počet stran:	6
006	Výkaz výměr	počet stran:	5
007	Pasportizace měření neel	počet stran:	4
008	2018_Op_Elm (01)	počet stran:	13
009	Celkový seznam měřičů	počet stran:	12